# Sonographische und computertomographische Pankreasdiagnostik im Vergleich

## Eine retrospektive Auswertung von 133 Fällen

Christian Glatz

Diss.
München
1984

Aus der Radiologischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. J. Lissner

# Sonographische und computertomographische Pankreasdiagnostik im Vergleich

## Eine retrospektive Auswertung von 133 Fällen.*

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin an

der Ludwig-Maximilians Universität zu München

vorgelegt von

Christian Glatz

aus

Landshut

München, 1984

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

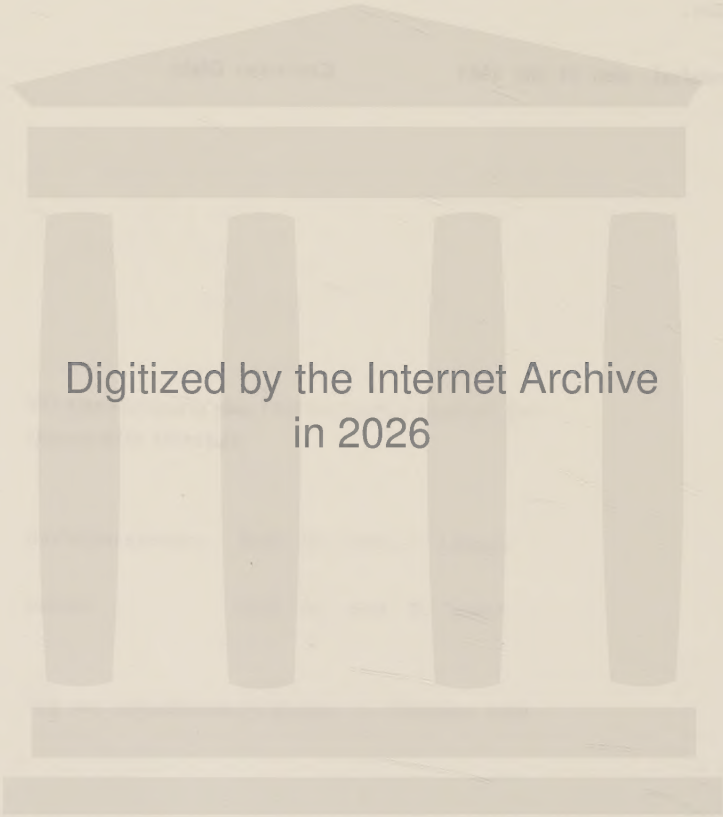
Tag der mündlichen Prüfung: 4. Oktober 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Für die Überlassung des Themas danke ich Herrn Prof. Dr. Josef Lissner sehr herzlich.

Ganz besonders danke ich Herrn OA Dr. A. Gebauer für die wertvolle Hilfeleistung während meiner Dissertation.

Landshut, den 24 Mai 1984 Christian Glatz



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544319_0011

GLIEDERUNG


| | | Seite: |
|---|---|---|
| 1. | Einleitung | 1 |
| 2. | Symptomatik, Befunde und bisherige Untersuchungsverfahren bei Pankreaserkrankungen | 4 |
| 2.1 | Akute Pankreatitis | 4 |
| 2.2 | Chronische Pankreatitis | 5 |
| 2.3 | Pankreastumor | 7 |
| 3. | Sonographie | 9 |
| 3.1 | Grundzüge typischer Ultraschallverfahren in der Pankreasdiagnostik | 9 |
| 3.1.1 | Prinzip | 9 |
| 3.1.2 | Compound-B-Scan | 9 |
| 3.1.3 | Real-Time-B-Scan | 10 |
| 3.1.4 | Auflösungsvermögen | 11 |
| 3.2 | Grundlagen der sonographischen Pankreasdiagnostik | 12 |
| 3.3 | Untersuchungstechnik | 14 |
| 3.4 | Typische sonographische Pankreasbefunde | 16 |
| 3.4.1 | Normales Pankreas | 16 |
| 3.4.2 | Akute Pankreatitis | 17 |
| 3.4.3 | Chronische Pankreatitis | 18 |
| 3.4.4 | Pankreaspseudozyste | 19 |
| 3.4.5 | Pankreastumor | 2o |

Seite:

3.5 Differentialdiagnostik 21

3.6 Artefakte 22

4. Computertomographie 24

4.1 Methode 24
4.1.1 Prinzip der Bilderzeugung 24
4.1.2 Auflösungsvermögen 26

4.2 Untersuchungstechnik 27

4.3 Grundlagen der computertomographischen Pankreasdiagnostik 28

4.4 Typische computertomographische Pankreasbefunde 31
4.4.1 Normales Pankreas 31
4.4.2 Akute Pankreatitis 32
4.4.3 Chronische Pankreatitis 33
4.4.4 Pankreaspseudozyste 34
4.4.5 Pankreastumor 35

4.5 Differentialdiagnostik 36

4.6 Artefakte 37

5. Patientengut und Methodik 39

6. Ergebnisse 42

6.1 Sonographische und computertomographische Diagnostik am Normalkollektiv 42
6.1.1 Ergebnisse 42
6.1.2 Fallbesprechung 45

Seite:

6.2 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei akuter Pankreatitis 48
6.2.1 Ergebnisse 48
6.2.2 Fallbesprechung 52

6.3 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei chronischer Pankreatitis 55
6.3.1 Ergebnisse 55
6.3.2 Fallbesprechung 63

6.4 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei Pankreaspseudozysten (Ergebnisse) 65

6.5 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei Pankreastumor 68
6.5.1 Ergebnisse 68
6.5.2 Fallbesprechung 71

7. Diskussion 76

7.1 Zusammenfassung 76

7.2 Wertung der Ergebnisse 82

7.3 Artefakte 83

7.4 Nebenwirkungen 84

7.5 Kosten 86

7.6 Einfluß des Untersuchers 87

8. Schlußfolgerung 89

9. Zusammenfassung 9o

Literatur 91

## 1. Einleitung

Die Diagnose einer entzündlichen Pankreaserkrankung wird etwa bei 1 % eines internistischen Krankengutes gestellt. Da aber vor allem eine leichte Pankreatitis wegen ihrer uncharakteristischen Symptomatik und der großen Funktionsreserve des Organs nicht selten übersehen wird, ist die wahre Häufigkeit einer Pankreaserkrankung schwer zu ermitteln. Dies wird durch die Tatsache belegt, daß bei Sektionen ein histologisch völlig intaktes Pankreas nur selten gefunden wird (8).

Pankreaskarzinome machen etwa 2 - 5 % aller malignen Tumoren aus. Die Prognose ist außerordentlich schlecht. Etwa 8o % der diagnostizierten Pankreastumoren sind inoperabel, da sie meist erst dann erkannt werden, wenn sie bereits ihre Umgebung infiltriert haben (23).

Die Bauchspeicheldrüse ist wegen ihrer retroperitonealen Lage den diagnostischen Verfahren nur schwer zugänglich. Mit den herkömmlichen Röntgenverfahren wie hypotone Duodenographie oder Magen-Darm-Kontrastbreipassage konnten nur indirekte Zeichen einer Pankreaserkrankung in Form von Verdrängungserscheinungen bzw. Tonusstörungen der Nachbarorgane erfaßt werden. Die endoskopische retrograde Cholangio-Pankreatikographie (ERCP), die perkutane transhepatische Cholangiographie (PTC) und die Angiographie erlauben genauere diagnostische Aussagen über das Pankreas. Sie alle stellen aber eine invasive Untersuchungsmethode dar und sind daher mit Komplikationsrisiken behaftet.

Erst durch die Einführung der Sonographie (US) und der Computertomographie (CT) in die Pankreasdiagnostik ist es möglich geworden, das Pankreas direkt sichtbar zu machen und somit entzündliche und tumoröse Veränderungen am Organ selbst festzustellen. Mit diesen Verfahren stehen der Klinik zwei nicht invasive Methoden zur Verfügung, die auch schwerkranken Patienten ohne weiteres zugemutet werden dürfen.

Die klinische Wertigkeit beider Methoden in der Pankreasdiagnostik wurde bereits mehrfach an verschiedenen Klinikzentren anhand von vergleichenden Studien bestimmt (3o, 49). So konnten Husband und Mitarbeiter in einer retrospektiven Auswertung von 5o Fällen für die Sonographie eine Treffsicherheit von 64 % und für die Computertomographie von 84 % angeben (3o). Eine andere vergleichende Studie von Levitt und Mitarbeitern ergab bei 71 mit beiden Verfahren untersuchten Patienten eine Treffsicherheit von 68 % für die Sonographie und von 7o % für die Computertomographie (49). Die wegen Artefaktbildung unbefundbaren Fälle wurden jeweils als nicht diagnostiziert gewertet. Beide Studien wurden im Jahre 1977 durchgeführt (3o, 49).

Die diagnostische Wertigkeit von US und CT wurde durch die technische Entwicklung von immer besseren Geräten, insbesondere im Bezug auf kürzere Aufnahmezeiten, weiter erhöht (3, 7, 19). Ferner konnten neue Erfahrungen in der Interpretation des sonographischen und computertomographischen Pankreasbildes gewonnen werden (3, 7). Dies rechtfertigt eine erneute vergleichende Studie von US und CT in der Pankreasdiagnostik.

Es ist Ziel der vorliegenden Arbeit, diejenige Methode herauszuarbeiten, die bei Verdacht auf eine Pankreaserkrankung als erste Untersuchung durchgeführt werden sollte. Zu diesem Zweck wird

die klinische Wertigkeit beider Verfahren bestimmt und miteinander verglichen. Dies erfolgt anhand einer retrospektiven Auswertung eines Patientengutes, das in den Jahren 1978 bis Anfang 1981 bei Verdacht einer Pankreasaffektion in der Radiologischen Klinik der Universität München sowohl einer sonographischen als auch computertomographischen Untersuchung unterzogen worden ist.

## 2. Symptomatik, Befunde und Untersuchungsverfahren bei Pankreaserkrankungen.

### 2.1 Akute Pankreatitis

Die Diagnose einer akuten Pankreatitis stützt sich im wesentlichen auf klinische Symptome und Laborveränderungen. Leitsymptom ist ein heftiger Spontan- und Druckschmerz im mittleren Epigastrium, der häufig in den Rücken ausstrahlt. Übelkeit, Erbrechen und Meteorismus sind weitere wichtige Symptome. Die Ausbreitung der Entzündung auf die Nachbarschaft bei schweren Verlaufsformen der akuten nekrotisierenden Pankreatitis führt unter Bildung eines amylasehaltigen Aszites zur Peritonitis und damit zum paralytischen Ileus. In diesem Stadium bildet sich häufig eine Schocksymptomatik aus. Röntgenologisch finden sich dann Spiegelbildungen bei der Abdomenübersichtsaufnahme und Plattenattelektasen sowie Pleuraerguß in der Thoraxaufnahme. Laborchemisch ist die Erhöhung der Lipase im Serum aber auch der Amylase im Serum und im Urin am aussagekräftigsten. Die Höhe der Serumaktivitäten ist jedoch kein verläßlicher Maßstab für die Schwere der Erkrankung. Nicht spezifisch für eine Pankreatitis sind Leukozytose und beschleunigte BKS. Leichter Anstieg von Bilirubin, Transaminasen und alkalischer Phosphatase im Blut sind Hinweise für eine ödematös bedingte Kompression des Duktus choledochus. Hyper- und Hypoglykämien sind als Ausdruck gestörter inkretorischer Funktion zu werten. Bei schweren Krankheitsverläufen typisch sind eine ausgeprägte Hypokaliämie und Hypokalziämie, die als Resultat einer hormonellen Kontrolle zu verstehen sind.

Die schwerste Form der akuten Pankreatitis, die akute hämorrhagische nekrotisierende Pankreatitis, hat eine Mortalität von über 5o %. Leichtere Formen können völlig ausheilen oder durch Sklerosierung und Ausbildung von Pseudozysten in eine chronische Verlaufsform münden (8, 23).

## 2.2 Chronische Pankreatitis

Eine primär chronische Pankreatitis kann klinisch völlig stumm verlaufen. Erst wenn das Pankreasparenchym zu 9o % untergegangen ist, weist eine Steatorrhoe und Gewichtsverlust auf eine beginnende exkretorische Pankreasinsuffizienz hin. Eine Stuhluntersuchung auf Chymotrypsin kann Anhalt für eine Pankreaserkrankung geben. Wesentlich aussagekräftiger ist der Sekretin-Pankreozymin-Test. Bei dieser Untersuchung wird das Pankreas durch eine i.v.-Injektion von Sektretin und Pankreozymin stimuliert, das mit Hilfe von Schlauchsonden gewonnene Duodenalsekret wird dann auf die Menge seiner Bestandteile pro Zeiteinheit analysiert. Die Trefferrate dieser Untersuchungsmethode wird mit 82 bis 9o % angegeben (55, 66). Eine Artdiagnose zwischen einer Pankreasentzündung oder Pankreaskarzinoms ist mit diesem Verfahren nicht möglich (55).

Die Symptome eines akuten Schubes einer chronisch-rezidivierenden Pankreatitis sind denen einer akuten Pankreatitis sehr ähnlich. Mit zunehmendem Verlust des Läppchenparenchyms gelingt der Nachweis eines Lipase- und Amylaseanstiegs im Serum während einer Schmerzattacke jedoch immer seltener. Die wichtigste Untersuchungs-

methode zur Sicherung der Diagnose ist der oben beschriebene Sekretin-Pankreozymin-Test, der jedoch im Frühstadium einer chronischen Pankreatitis wegen der großen Funktionsreserve des Organs versagt. Die endokrine Funktion des Pankreas kann durch den intravenös durchgeführten Glucosetoleranztest überprüft werden. Differse kleine bis grobfleckige Verkalkungen, die etwa bei 3o - 4o % der Fälle bei chronischer Pankreatitis zu beobachten sind (38), können in einer Abdomenleeraufnahme dargestellt werden. Die Kontrastdarstellung des Magendarmkanals mit Bariumsulfat dient zur Erfassung von Verdrängungen des Magens und Duodenums, die durch den entzündlich vergrößerten Pankreas oder durch eine Pseudozyste verursacht werden.

Die endoskopisch retrograde Cholangio-Pankreatikographie (ERCP) gibt Aufschluß über Senosen oder Verschlüsse sowie Deformierungen und Erweiterungen des Pankreasgangsystems, die durch Pseudozysten oder durch sklerotische Umwandlung des Parenchyms bedingt sind. Auch morphologische Veränderungen des Duktus choledochus, die durch eine Abflußbehinderung im Pankreaskopfbereich verursacht werden, können dargestellt werden. Bei diesem Verfahren wird mittels eines Duodenoskops ein Katheder in die Vatersche Papille eingeführt und Kontrastmittel in den Duktus pankreatikus sowie in den Gallengang injeziert und diese röntgenologisch aufgenommen. Die Sensitivität der ERCP bei chronischer Pankreatitis wird in der Literatur mit 68 - 84 % angegeben (15, 49, 66). Die Methode erfordert hohe Geschicklichkeit des Untersuchers und ist komplikationsanfällig. Sie bedarf somit einer strengen Indikationsstellung (8, 23, 76).

## 2.3 Pankreastumor:

Beim Pankreaskarzinom handelt es sich in den allermeisten Fällen um ein Adenokarzinom. In 75 - 8o % der Fälle ist das Karzinom im Pankreaskopf lokalisiert. Die Prognose ist wegen der großen Metastasierungsfreudigkeit und ihres infiltrativen Wachstums mit Einbeziehung von Niere, Nebenniere, Magen oder Duodenum sehr schlecht. In einem Drittel der Fälle kommt es zum Einbruch des Tumors in die Milzvene und zur Splenomegalie. Der tumorbedingte Verschluß des Duktus pankreatikus führt zu dessen Erweiterung, zur Retentionspankreatitis und Pseudozystenbildung. Eine palpable Gallenblase mit Ikterus wird durch Obstruktion des Duktus choledochus verursacht. Die Laborbefunde sind unspezifisch. Differentialdiagnostisch ist das Pankreaskarzinom vor allem gegen die chronische Pankreatitis abzugrenzen, die ebenfalls zur exokrinen und endokrinen Pankreasinsuffizienz und damit zu Verdauungsstörung und Gewichtsverlust führt (8, 23, 37).

Durch die einfache physikalische Untersuchung und die röntgenologische Kontrastuntersuchung wird in der Regel nur in 3o - 4o % der Fälle, meistens bei fortgeschrittenem Karzinom die richtige Diagnose gestellt. Erst durch die in den letzten Jahren entwickelten radiologischen und endoskopischen Methoden konnte dieser Prozentsatz erhöht und auf frühere Stadien ausgedehnt werden. Die Schwierigkeit einer Frühdiagnose liegt aber im wesentlichen unverändert darin, daß erst die fortgeschrittenen Tumoren Beschwerden verursachen (8, 23).

Mit der üblichen Bariumkontrastuntersuchung kann eine Vergrößerung des Pankreas indirekt durch Lageveränderung des Magens

und Duodenums erkannt werden. Veränderungen der Konturen und des Reliefs lassen auf eine maligne Infiltration des Tumors in Magen bzw. Duodenum schließen. Durch die hypotone Duodenographie, bei der nach i.v.-Injektion eines Spasmolytikums dünnflüssiges Kontrastmittel und Luft durch eine Duodenalsonde instilliert wird, können tumorbedingte Veränderungen des Duodenums genauer und früher aufgezeigt werden. Darüberhinaus erlaubt dieses Verfahren eine genaue Bestimmung der Größe der Papilla Vateri und der Papillenrandkontur (38).

Tumorbedingte Stenosen oder Verschlüsse des Duktus choledochus und des Pankreasgangsystems können durch die ERCP sichtbar gemacht werden. Die Sensitivität der ERCP bei Pankreastumoren wird mit 88 % angegeben (47).

Die Angiographie wird selten zu rein diagnostischen Zwecken eingesetzt. Ihre Bedeutung liegt in der Beurteilung der Resektionsmöglichkeit eines Pankreastumors (8).

# 3. Sonographie

## 3.1 Grundzüge typischer Ultraschallverfahren in der Pankreasdiagnostik

### 3.1.1 Prinzip

Grundlage der Ultraschalldiagnostik ist das Echolot-Prinzip. Echos entstehen an allen Grenzflächen zwischen Geweben mit unterschiedlichen akustischen Widerständen. Der akustische Widerstand (akustische Impetanz) ist für jedes gegebene Medium eine Konstante und ist als Produkt aus Dichte des Mediums und Schallwellengeschwindigkeit definiert (76).

Zur Erzeugung von Ultraschallwellen werden Schallgeber verwendet, die gleichzeitig als Empfänger von Echos aus dem Körperinneren dienen können. Diese werden entsprechend ihrer Intensität als Lichtpunkte auf einem Oszilloskop aufgetragen. Die Echostärke und damit die Helligkeit des Bildpunktes hängt von der Differenz der Schallwellenwiderstände der jeweils benachbarten Medien ab (27, 56).

Das zweidimensionale Ultraschallschnittbild wird durch zahlreiche eindimensionale Ultraschallstrahlen aufgebaut. Es gibt zwei unterschiedliche Techniken, durch die ein zweidimensionales Schnittbild erstellt werden kann: Das statische B-Bild-Verfahren (Compound-Scan) und das schnelle B-Bild-Verfahren (Real-Time-Scan)(44, 45).

### 3.1.2 Compound-B-Scan

Beim manuellen Compound-Scan wird der Schallkopf von Hand über die Körperoberfläche geführt. Durch Koordinatengeber in der Schall-

kopfhalterung wird die Verschiebung des Schallkopfes sowie seine neue Abstrahlrichtung auf die Steuerung des Elektronenstrahls umgesetzt. Die während der Abtastbewegung entstehenden Bilder werden zwischengespeichert. Man erhält somit ein statisches zusammengesetztes Schnittbild der untersuchten Körperregion. Der Bildaufbau dauert je nach Schnittführung 1 - 5 Sekunden.

Beim automatisierten Compound-Scanner wird der Schallkopf nicht bewegt. Vielmehr sind 8 Schallköpfe halbkreisförmig angeordnet, von denen jeder einzelne Transducer einen Sektor bis zu 7o Grad abtasten kann. So entsteht ein aus verschiedenen Einstrahlrichtungen gewonnenes Bild. Die daraus resultierenden Nachteile wie die Verminderung der Verstärkungs- und Abschwächungsphänomene können durch Einschalten nur eines Transducers umgangen werden. Der Abtastvorgang dauert etwa 2 Sekunden (32).

### 3.1.3 Real-Time-B-Scan

Beim schnellen B-Bild-Verfahren ermöglicht die schnelle mechanische oder elektronisch gesteuerte Abtastung des Untersuchungsgebietes einen Bildaufbau in etwa 7o Millisekunden, so daß ein dynamisches Sofort-Bild entsteht. Die Ultraschallstrahlen können je nach verwendetem System in paralleler Richtung abgestrahlt werden, wie beim Linear-Scanner, oder in divergenter Richtung, wie beim Sektor- bzw. Trapez-Scanner. Die Schallköpfe eines mechanischen Linear-Scanners rotieren in der Brennlinie eines parabelförmigen Zylinderreflektors, an dem die ausgesandten Strahlen in ein paralleles Strahlenbündel umgeformt werden. Der Applikator eines elektronischen Linear-Scanners besteht aus vielen linear angeordneten Einzelelementen. Eine bestimmte Zahl nebenein-

anderliegender Einzelelemente werden zu einer Gruppe zusammengefaßt und gleichzeitig erregt. Deren Echosignale liefern die Information für eine Bildlinie. Die Gruppe der erregten Elemente rückt dann jeweils um ein Element weiter und es entsteht die nächstfolgende Bildlinie (32, 56).

Beim Sektor-Scanner wird meist ein rotierender Schallkopf mit mehreren Einzelelementen benützt, die nur während des Durchlaufens eines 5 cm breiten Fensters erregt werden. Auf diese Weise wird ein sektorförmiger Körperbereich dargestellt, was auch elektronisch mit unbewegten Schallelementen erreicht werden kann, indem die elektrischen Anregungsimpulse zeitlich verzögert den Einzelelementen zugeführt werden, so daß eine Wellenfront entsteht, die gegenüber der Applikatorlängsachse um einen bestimmten Winkel geneigt ist (32).

Der schnelle Bildaufbau erlaubt gegenüber einem Compound-Scan eine flüssige kontinuierliche Schnittebenenverschiebung und damit die lückenlose Absuchung einer größeren Körperregion. Außerdem können Organbewegungen, Pulsationen und palpatorisch verursachte Bewegungen unmittelbar beobachtet werden (78).

### 3.1.4 Auflösungsvermögen

Unter Bildauflösung versteht man den kleinsten Abstand zweier reflektierender Flächen, der noch meßtechnisch erfaßt werden kann. Hierbei muß die Auflösung in Strahlenrichtung und die Auflösung quer zur Strahlenrichtung unterschieden werden. Die Auflösung in Strahlenrichtung ist abhängig von der Impulsdauer, der über die Schallausbreitungsgeschwindigkeit eine Strecke im durchstrahlten Medium zugeordnet werden kann. Zwei hinterein-

anderliegende Grenzflächen können noch getrennt dargestellt werden, wenn ihr gegenseitiger Abstand größer ist als eine Impulslänge. Somit ergibt sich mit der kürzest erzeugbaren Impulsdauer eine Auflösung in Strahlenrichtung bei einer Frequenz von 2,5 MHz von etwa o,7 mm, bei einer Frequenz von 15 MHz eine Auflösung von etwa o,1 mm (27, 44, 56). Die Querauflösung, die insbesondere bei den Bildverfahren von wesentlichem Einfluß ist, ist von der queren Ausdehnung des Ultraschallfeldes bestimmt. Sie ist daher nicht über das ganze Bild konstant. Bei Messungen im sogenannten Fernfeld läßt sich eine Querauflösung von 3 - 6 mm erreichen (44, 56).

## 3.2 Grundlagen der sonographischen Pankreasdiagnostik

Das Sonogramm ist ein Schnittbild, das eine Körperfläche von nur wenigen Millimetern Dicke abbildet. Die Schnittebene kann transversal, longitudinal oder auch schräg durch den Körper gelegt werden. Dies ist von Nutzen, da die Organ-Längsachse schräg von rechts unten nach links oben verläuft. Somit kann bei schräger Einstrahlung die gesamte Ausdehnung des Organs in einer Schnittebene erfaßt werden. Da Weichteile wegen ihres geringen Dichteunterschiedes den Schall gut leiten, ist es vorteilhaft, den Schall über die Leber zum Pankreas zu schicken (7o). Die verwendete Frequenz liegt im optimalen Bereich bei etwa 2,5 MHz (71).

Prinzipiell werden im Sonogramm Konturechos und Strukturechos unterschieden. Konturechos entstehen an der Oberfläche von Organen oder an Formationen wie Zysten, großen Blutgefäßen usw.. Im Gegensatz dazu liegen den Strukturechos sogenannte Binnen-

reflexe zugrunde, die im Parenchym der Organe an der Oberfläche eines Drüsenläppchens, an kleinen Gefäßen und bindegewebigen Septen entstehen (71). Dadurch lassen sich nicht nur Organ- oder Tumorgrenzen, und damit Lage, Größe und Form bestimmen, sondern durch die Strukturechos ist auch eine Aussage über die innere Beschaffenheit eines Organs möglich (56). Das Vorhandensein von Strukturechos bezeichnet man als solide Struktur oder akustisch inhomogen, während reine Flüssigkeit dem Schall keine Grenzschicht bietet und somit strukturfrei ist. Das Vorhandensein oder Fehlen von Binnenreflexen ist das sicherste Zeichen zur Unterscheidung zwischen fest und flüssig (56). Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß nur im physikalischen Sinne reine Flüssigkeit echofrei ist. Blut, Abszeßflüssigkeit, Exsudate oder auch Zysteninhalte können dagegen mehr oder weniger Binnenreflexe aufweisen, und eigentlich solide Strukturen, wie Fibrose und Zirrhose, können bei sehr dichter Strukturierung wegen des fehlenden Impedanzunterschiedes akustisch homogen wirken und somit ebenfalls annähernd reflexfrei sein. Allgemein gilt jedoch, daß Fibrose, Kalkeinlagerungen oder zystische Gangerweiterungen zur Verstärkung der Binnenechos bzw. zur Strukturunregelmäßigkeit führen, wie dies auch bei chronischer Pankreatitis feststellbar ist. Eine ödematöse Durchtränkung des Organs wie bei akuter Pankreatitis oder ein Tumor, der nur aus regellos angeordneten Zellen besteht, führt zu einer Strukturverarmung (58, 7o).

Obwohl der sagittale Durchmesser eines normalen Pankreas etwa 2 bis 2,5 cm mißt und das axiale sonographische Auflösungsvermögen etwa 1 mm beträgt, ist es trotzdem manchmal schwierig, das Organ auf dem Bildschirm befriedigend darzustellen. Dies liegt

darin begründet, daß in der unmittelbaren Umgebung des Pankreas sich sehr stark reflektierende Grenzflächen befinden, wie die Gefäßwände, die Pankreaskapsel selbst, das Ligamentum hepato-duodenale mit seinen Gefäßen und dem Duktus choledochus und die Lymphknotengruppen in der paraaortalen Region, am Milzhilus und um die Leberpforte (7o). Diese Strukturen liefern sehr starke Echos und überlagern das Pankreas, d.h. das Pankreas fällt auf dem Bild kleiner aus als es in Wirklichkeit ist, da starke Echos auf dem Bildschirm eine zunehmend geometrische Ausdehnung haben (58). Auch Zysten werden von sehr starken Echos, die an deren Rückseite entstehen, überstrahlt und können daher erst ab einer Größe von 2 cm diagnostiziert werden (56). Ferner gilt das axiale sonographische Auflösungsvermögen von 1 mm nur bei optimalen Impedanzunterschieden (19). Ein Pankreastumor kann daher, da er nur einen geringen Dichteunterschied zum normalen Pankreasgewebe aufweist, erst ab einem Durchmesser von etwa 2 cm erkannt werden (1o, 19, 56, 61, 63, 71).

Eine weitere Informationsquelle wird mit Real-Time-Geräten gewonnen, mit denen Bewegungsabläufe darstellbar sind. Mit diesen Geräten kann unter sonographischer Sicht das Organ auf Kompressibilität und Biegsamkeit überprüft werden. Außerdem erlaubt der schnelle Bildaufbau eine kontinuierliche Schnittebenenverschiebung und damit die lückenlose Absuchung einer größeren Körperregion (71).

### 3.3 Untersuchungstechnik

Die Pankreasuntersuchung muß beim nüchternen Patienten durchgeführt werden. Da besonders bei Pankreaserkrankungen Meteoris-

mus zu beobachten ist, ist gegebenenfalls eine darmentgasende Vorbereitung notwendig. Zu berücksichtigen ist auch, daß eine vorausgegangene Untersuchung störenden Einfluß haben kann. So macht eine Untersuchung des Gastrointestinaltrakts mit bariumhaltigen Kontrastmitteln ebenso wie eine Laparoskopie durch das entstandene Pneumoperitoneum eine Pankreasuntersuchung unmöglich.

Die Untersuchung wird in Rückenlage des Patienten durchgeführt. Zwischen Applikator und Bauchhaut wird ein Gel als Kopplungsmittel aufgetragen, um die dazwischenliegende Luft zu eliminieren. Bei Männern mit starker Stammbehaarung kann dies manchmal Schwierigkeiten bereiten (39).

Mit Real-Time-Geräten ist eine Untersuchung bei Atemstillstand des Patienten nicht erforderlich. Es ist jedoch zweckmäßig, wenn die Untersuchung bei tiefer Inspiration erfolgt, da dadurch die gut schalleitende Leber als Schallweg zum Pankreas dienen kann (71).

Die Untersuchung erfolgt in Longitudinal- und Transversalschnitten, wobei der Applikator kontinuierlich von links nach rechts bzw. von oben nach unten verschoben wird. Auch Schrägschnitte in der Pankreaslängsachse können vorgenommen werden (56).

Der Pankreasschwanz ist häufig vom Schallschatten der Magenblase oder der gashaltigen linken Kolonflexur verdeckt. In diesen Fällen kann von der linken Seite her versucht werden, die Milz als Schalleiter benutzend, den Pankreasschwanz darzustellen (71).

Als Orientierungshilfen zum Auffinden der Pankreasregion dienen die gut abgrenzbare Dorsalfläche der Leber und die großen Bauchgefäße Aorta abdominalis, Vena cava und Vena portae. Die Vena portae liegt im Pankreaskopfbereich ventral und medial der Vena cava, während sie im Korpusbereich unmittelbar vor der Vena cava liegt. Bei einem Schrägschnitt können die lienalen Gefäße an der Rückseite des Pankreas als tubuläre Strukturen erkannt und als Orientierungshilfen benützt werden (39).

Die Untersuchung schließt die Beurteilung der Leber, der Gallenblase, der Gallenwege und der Milz mit ein, um mögliche Ursachen oder Komplikationen der Pankreaserkrankung zu erkennen (56).

Pathologische Veränderungen können zur Befunddokumentation photographiert werden.

Die Untersuchungsdauer beträgt etwa 5 - 1o Minuten (58).

## 3.4 Typische sonographische Pankreasbefunde

### 3.4.1 Normales Pankreas

Durch die Entwicklung neuerer leistungsfähigerer Geräte ist das normalgroße Pankreas in den meisten Fällen ganz oder teilweise zwischen den oben genannten Orientierungspunkten darstellbar. Die Randkontur des Organs ist glatt, die Binnenstruktur homogen und echoarm. Das Pankreasgewebe weist eine etwas dichtere Echostruktur auf als die Leber und eine schwächere Echostruktur als das peripankreatische Gewebe.

Der größte sagittale Durchmesser findet sich gewöhnlich im Kaput, praecaval und beträgt nicht mehr als 2,5 cm. Korpus und Schwanz weisen einen sagittalen Durchmesser von etwas weniger als 2 cm auf. Der vertikale Durchmesser ist sehr variabel und für eine Größenbestimmung nicht geeignet.

Das Organ kann unter sonographischer Sicht palpiert werden. Es ist dabei kompressibel, biegsam und nicht schmerzhaft.

Ist das Pankreas nicht darstellbar, so kann hilfsweise der Abstand zwischen den großen Gefäßen und der Dorsalfläche der Leber zum Ausschluß größerer raumfordernder Prozesse herangezogen werden. Dieser beträgt bei normaler Form der Leber höchstens 3 cm (19, 56, 71).

### 3.4.2 Akute Pankreatitis

Wichtigster Hinweis auf eine Pankreasentzündung ist die generelle Organvergrößerung. Bei sehr heftiger Entzündung kann das Organ infolge ödematöser Schwellung bis zu 5 - 6 cm anwachsen. Die aorto-hepatische Distanz ist dann erheblich erweitert und vollkommen vom Organ ausgefüllt. Die Vena cava kann komprimiert sein.

Infolge des entzündlichen Ödems ist die innere Reflexstruktur reduziert. Die Organkontur ist meist unscharf als Ausdruck der auf das peripankreatische Gewebe übergreifenden Entzündung (19, 39, 71).

Nekrosen im Zuge einer akuten Pankreatitis zeigen sich sonographisch als gut abgrenzbare reflexarme bis reflexfreie Areale im Pankreasgewebe oder dessen Umgebung. Die Binnenstruktur erhält dann ein unregelmäßiges Aussehen (11).

Beim erstmaligen Entzündungsschub ist die entzündliche Vergrößerung des Organs am stärksten. Bei chronisch rezidivierenden Verläufen bleibt die Vergrößerung auch im Schub geringgradig.

Die entzündliche Pankreasvergrößerung geht nur ganz allmählich zurück und ist noch festzustellen, wenn klinisch kein Hinweis mehr auf die durchgemachte Erkrankung besteht (71).

### 3.4.3 Chronische Pankreatitis

Das sonographische Bild der chronischen Pankreatitis ist sehr variabel. Es ist abhängig von der Verlaufsform und von der Krankheitsphase. Bei einem akuten Schub einer chronisch rezidivierenden Pankreatitis können die Bilder einer akuten Pankreatitis und einer chronischen Pankreatitis nebeneinander vorliegen (39).

Die entzündliche Vergrößerung des Organs ist gewöhnlich von geringerem Ausmaß als bei der akuten Pankreatitis. Die Vergrößerung des Organs kann auch umschrieben sein.

Je stärker die sklerosierenden Veränderungen am Organ sind, um so mehr wird die Kontur des Organs deformiert und um so

echoreicher ist das Strukturbild. Daneben können sich echofreie Areale finden als Hinweis von Pseudozysten oder stark erweiterten Pankreasgangabschnitten. Sehr helle Einzelreflexe entsprechen einer massiven umschriebenen Verkalkung oder Gangsteinen (39, 56, 71).

Bei sehr ausgeprägter Sklerosierung erscheint das Pankreas infolge vollkommenen Parenchymverlusts akustisch leer. Das Organ ist dann klein, zottenartig deformiert mit dem klinischen Zeichen einer exkretorischen Pankreasinsuffizienz (7o).

### 3.4.4 Pankreaszysten

Die Diagnose Pankreaszyste durch Ultraschall gehört zu den sichersten nicht invasiven Untersuchungsmethoden. Die Pankreassonographie begann vor Jahren dementsprechend auch mit der Zystendiagnose (71). Sie können ab einer Größe von 2 cm erkannt werden.

Die mit Flüssigkeit gefüllte Zyste weist eine glatte und scharfe Begrenzung gegen das umliegende Gewebe auf. Ihr Inneres ist echofrei. An der Dorsalseite der Zyste findet sich die für Zysten charakteristische Schallverstärkung als Zeichen der guten Schalleitung in der Flüssigkeit.

Im Verlaufe der Entstehung einer Zyste sind häufig unregelmäßige Binnenreflexe im Zystenkavum erkennbar, die an Detritus und Sequestern entstehen. Mit Ausreifung der Zyste lösen sich jedoch diese Strukturen auf (56, 72). Nach Einblutung in die Zyste oder nach einer Infektion entstehen ebenfalls umschriebene Struktur-

echos als Hinweis einer teilweisen Verfestigung des Zysteninhalts (56).

Die äußere Form der Zysten sind nur dann annähernd kugelig, wenn sie nicht durch Verwachsungsstränge oder benachbarte Organe in eine andere Form gedrängt werden (56).

Häufig entwickeln sich die Pankreaspseudozysten aus der Pankreasloge heraus und nicht selten reichen sie bis weit in den Unterbauch. In diesen Fällen kann eine Zuordnung der Zyste zum Pankreas nur dann erfolgen, wenn der Zystenhals und damit der Ausgangspunkt der Zyste darstellbar ist (56).

### 3.4.5 Pankreastumor

Ein wichtiges sonographisches Tumorkennzeichen ist die umschriebene Vergrößerung oder Deformierung des Pankreas. Die meisten Pankreaskarzinome sind im Pankreaskopf lokalisiert. Die Binnenstruktur des Tumors ist homogen und meist etwas echoärmer als das übrige Pankreasgewebe. Die Kontur kann annähernd rund sein, sie kann aber auch sehr unregelmäßig sein. Füßchenartige Fortsätze in das umgebende Gewebe, sogenannte "Krebsfüßchen" sind die sichersten Hinweise auf ein infiltrativ malignes Wachstum. Ein weiteres Kriterium für Malignität ist, wenn der Tumor gegen ein benachbartes Organ nicht abzugrenzen ist. Eine Infiltration in dieses Organ ist dann wahrscheinlich (56, 7o, 71). Dagegen sind die Kompression oder die Verschiebung der Gefäße und die Ausbildung des sonographisch leicht nachweisbaren Courvoisierschen Syndroms infolge des Verschlusses des Duktus choledochus noch kein Kriterium für Malignität (39). Bei der Palpation unter sonographischer Sicht erscheint das Tumorgewebe weniger komprimierbar und kann schmerzlos sein (71).

Ein Tumor kann ab einer Größe von 2 cm sonographisch diagnostiziert werden (39, 56, 71).

### 3.5 Differentialdiagnostik

Da sich die Pankreasdiagnostik zunächst an der Größenzunahme des Organs orientiert, gibt es naturgemäß einen Grenzbefund. Zahlenmäßig kann dieser Grenzbereich auf einen sagittalen Durchmesser des Pankreaskopfes von 2,5 - 2,9 cm, der des Pankreaskorpus und -schwanzes auf 2 - 2,4 cm festgelegt werden. Dieser Befund ist nicht sicher als krankhaft zu werten, falls keine Strukturveränderungen am Organ feststellbar sind. Er bedeutet zwar den Ausschluß eines Pankreastumors oder einer Pankreaspseudozyste, nicht aber einer akuten oder chronischen Pankreatitis. Nach den Ergebnissen von Harald Lutz (1978) verteilen sich die Grenzbefunde etwa zu 2/3 auf ein gesundes Pankreas und zu 1/3 auf chronische Pankreatiden (56).

Die wohl schwierigste Differentialdiagnose in der sonographischen Pankreasdiagnostik ist die Abgrenzung eines Pankreastumors von einer chronischen Pankreatitis, besonders, wenn diese mit einer Vergrößerung oder Deformierung nur eines Pankreasanteils einhergeht. Die Organstruktur kann besonders bei stark sklerosierenden Pankreatitiden echoärmer als ein normales Pankreasgewebe erscheinen, damit der Struktur eines Tumors sehr ähnlich sein. Auch die Konturveränderung kann bei hochgradiger Fibrose so erheblich sein, daß es schwer ist, zu entscheiden, ob dies Entzündungsfolge oder das Abbild einer Neoplasie ist. Pseudopodienartige Ausläufer, bei der Tumordiagnostik als "Krebsfüßchen" bezeichnet, werden auch bei chronischer Pankreatitis beobachtet. Eine Ultra-

schall-Feinnadelpunktion kann nur durch eine positive Tumordiagnose Klarheit verschaffen, zum sicheren Tumorausschluß ist sie nicht geeignet, zumal ein Pankreastumor auch auf dem Boden einer chronischen Pankreatitis entstehen kann (1o, 19, 39, 65).

Pankreaszysten unterscheiden sich gewöhnlich eindeutig von einem Pankreastumor durch das Fehlen von Strukturechos. Befindet sich jedoch festes Material wie Detritus oder Blutkoagel im Zystenkavum kann die Differentialdiagnose Tumor oder Zyste sehr erschwert werden (57, 7o).

Bei einer sonographisch festgestellten Raumforderung im Pankreasgebiet kommen neben einem Pankreastumor Lymphknotenmetastasen im Leberpfortenbereich, in den kranialen Abschnitten der Aorta und entlang der Milzvene in Betracht. Auch Nebennierentumore müssen in die Differentialdiagnose mit einbezogen werden. Im Einzelfall ist auch manchmal nicht zu entscheiden, ob ein Pankreaskarzinom in eine Darmschlinge infiltriert ist, oder ob ein Darmtumor umgekehrt das Pankreas infiltriert hat (56).

Sofern bei einer Zystendiagnose im Pankreasgebiet der Zystenhals nicht eindeutig darstellbar ist und somit die Zuordnung zu einem Organ gesichert ist, kommen differentialdiagnostisch Zysten der Milz, der Nebenniere und der linken Niere in Betracht. Bei weit kaudal gelegenen Pankreaszysten muß in die Differentialdiagnose eine Ovarialzyste miteinbezogen werden (56).

### 3.6 Artefakte

Wegen des großen Impedanzunterschiedes von Weichteilgeweben zu Luft erfolgt an deren Grenzflächen eine Totalreflexion. Die hinter

der Luft angrenzenden Gewebe liegen damit im sogenannten Schallschatten und können sonographisch nicht dargestellt werden. Schon geringe Darmluft macht die Pankreassonographie deshalb unmöglich (39).

Auch eine ausgeprägte Adipositas kann eine sonographische Pankreasdarstellung verhindern. Zum einen wird die US-Welle durch das Fettgewebe mit der relativ geringen Halbwertstiefe von 1,5 cm bei 2,5 MHz stark geschwächt, zum anderen erhält das Ultraschallbild durch die ungünstigen Streueigenschaften des interponierten Fettgewebes einen gleichmäßigen Schleier von Reflexionen (19, 39).

Weitere Ursachen, die eine Ultraschalluntersuchung erschweren oder unmöglich machen, wie eine vorausgegangene Untersuchung mit bariumhaltigen Kontrastmitteln oder starke Stammbehaarung müssen beachtet werden (19).

# 4. Computertomographie

## 4.1 Methode

### 4.1.1 Prinzip der Bilderzeugung

Ebenso wie Ultraschall ist auch die Computertomographie ein Untersuchungsverfahren, das eine transversale Schicht des menschlichen Körpers abzubilden vermag. Nachdem bereits Cormak 1963 ein Röntgenquerschnittbildverfahren theoretisch konzipiert hatte, realisierte H.N. Hounsfield 1972 diese neue Methode, die für die Röntgendiagnostik eine revolutionierende Erneuerung bedeuten sollte.

Während die konventionellen Röntgenverfahren, einschließlich der Röntgentomographie, nur ein Schattenbild des durchstrahlten Objekts liefern, erzeugt die Computertomographie ein von Überlagerungseffekten freies Bild (29).

Die Geräte der ersten und zweiten Generation arbeiten nach dem Translations-Rotations-Prinzip. Dabei wird ein eng gebündelter Röntgenstrahl quer zur Körperachse jeweils über den gesamten Körperquerschnitt geführt, die nicht absorbierte Strahlung mittels eines mit der Röhre gekoppelten Detektorsystems gemessen und in einen Computer gespeichert (16, 51, 54).

Um zur Darstellung eines transversalen Schichtbildes zu gelangen, wird die zu untersuchende Schicht durch die sogenannte Matrix in gleichgroße quaderförmige Einzelvolumina unterteilt. Die Abmessungen eines Volumenelementes liegen bei 1 bis 3 $mm^2$

mal Schichtdicke (1 bis 13 mm) (29). Zusätzlich wird der oben beschriebene Meßvorgang in definierten Winkelschritten wiederholt, so daß die Objektschicht aus verschiedenen Richtungen durchstrahlt wird. Aus den gewonnenen Meßdaten kann mit Hilfe des Computers jedem Quader ein mittlerer Absorptionswert zugeordnet werden, dem ein entsprechender Grauwert auf dem elektronischen Sichtgerät entspricht (16, 17, 51, 54, 69).

Eine neue Entwicklungsstufe (Geräte der dritten Generation) führte schließlich zur Verwendung eines breiten Röntgenstrahlenbündels, Fächerstrahl oder Fanbeam genannt, der den gesamten Objektquerdurchmesser überstreicht. Die Linearabtastung ist durch eine große Anzahl von nebeneinander angeordneten Strahlendetektoren (Detektorarrey) ersetzt. Somit ist nur noch eine Rotationsbewegung um den Patientenkörper nötig, wobei das Detektorsystem synchron mit der Röntgenröhre mitrotiert. Bei einer zweiten Variante dieses Systems (Geräte der vierten Generation) sind die Detektoren auf einen stationären Ring angeordnet und die Röntgenröhre allein umfährt das Objekt. Meist wird bei diesen Geräten eine volle Rotation (360 Grad) ausgeführt. Da mit diesen Geräten für die Aufnahme nur noch 2 - 5 Sekunden benötigt werden, sind sie für Untersuchungen im Thorax- und Abdominalbereich geeignet (16, 51, 54).

Die Computertomographie unterscheidet 2000 verschiedene Dichtewerte. Der Schwächungskoeffizient wird in Hounsfield-Einheiten (H) gemessen. Die verwendete Schwächungswertskala stellt eine relative Skala dar, wobei Wasser als Bezugsmaterial dient und als

Nullpunkt gewertet wird. Dichter Knochen als oberste Grenze in der Dichteskala hat den Wert + 1000 H, Luft als unterste Grenze - 1000 H. Die Dichtewerte von Organgewebe liegen etwa zwischen + 30 und + 150 H, während Fettgewebe Dichtewerte zwischen - 80 bis - 100 H aufweist (17, 51).

### 4.1.2 Auflösungsvermögen

In der Computertomographie ist die Ortsauflösung, d.h. das Auflösungsvermögen von Feinstrukturen hohen Kontrastes, und die Dichteauflösung zu unterscheiden.

Die räumliche Auflösung ist im wesentlichen durch die Abmessung der Elementarvolumina und durch die Schichtdicke bestimmt und beträgt demzufolge bei genügend hohem Kontrast je nach Matrixgröße 1,5 - 2 mm (16, 54).

Die Dichteauflösung ist theoretisch durch die digitale Form der Bilddarstellung begrenzt. Die Dichteauflösung wird auch durch die applizierte Strahlungsmenge wesentlich beeinflußt. Für eine hinreichende Absorptionswertmessung ist eine Mindestzahl an Röntgenquanten erforderlich, da Schwankungen der Röntgenquantenenergie (sogenanntes Quantenrauschen) eine statistische Unsicherheit jedes einzelnen Meßwertes bedingen (29).

Da die räumliche Auflösung von der Dichteauflösung und die wiederum von der Strahlendosis abhängt, führt eine Matrixverfeinerung bzw. Verringerung der Schichtdicke bei gleicher Strahlendosis infolge des damit verbundenen erhöhten Quantenrauschens nicht zu einem besseren Auflösungsvermö-

gen. Bei vorgegebener Dichteauflösung erfordert eine Verdoppelung des geometrischen Auflösungsvermögens etwa die achtfache Strahlendosis. Ist die Oberflächendosis mit 2 rad und die Dichteauflösung mit 5 H festgelegt, so ergibt sich eine räumliche Auflösung von etwa o,5 cm (16, 17, 51).

## 4.2 Untersuchungstechnik

Eine besondere Vorbereitung des Patienten ist für die CT-Untersuchung des Pankreas nicht erforderlich. Der Patient sollte lediglich nüchtern sein. Eine medikamentöse Ruhigstellung des Gastrointestinaltraktes ist bei Geräten mit Abtastzeiten unter 5 Sekunden für Nativscans nicht erforderlich. Nach oraler Gabe von 3o - 4o ml Gastrografin, verdünnt in 5oo - 1ooo ml Wasser, ist jedoch eine i.v.-Injektion von 1 mg Glucagon 1o - 15 Minuten nach Verabreichung des Kontrastmittels notwendig, um die durch die Füllung des Gastrointestinaltraktes stimulierte Peristaltik zu reduzieren.

Die Untersuchung wird in Rückenlage des Patienten durchgeführt. Während der einzelnen Schichtaufnahmen darf der Patient nicht atmen. Die erste Schicht wird etwas oberhalb des oberen Pols der linken Niere angelegt. Anschließend werden nach kaudal 6 - 1o Schichten angeschlossen; bei Verdacht auf ein Pankreaskarzinom ist die gleichzeitige Untersuchung der Leber obligat (5)

## 4.3 Grundlagen der computertomographischen Pankreasdiagnostik

Die diagnostische Information der Computertomographie in der Pankreasdiagnostik beruht einerseits auf der Strukturanalyse des Pankreasparenchyms anhand der Dichteabsorptionswerte, andererseits auf der morphologischen Abbildung des Organs mit eventuellen sekundären Veränderungen der benachbarten Strukturen (25).

Das Pankreasgewebe weist etwa ähnliche Dichtewerte (3o - 4o H) wie das angrenzende intestinale Gewebe auf. Da Fettgewebe einen besonders niedrigen Absorptionswert ( -8o bis -1oo H) besitzt, ist bei ausreichend vorhandenem peripankreatischem Fettgewebe eine gute Abgrenzbarkeit der Organkonturen gewährleistet. Ist das peripankreatische Fettgewebe jedoch nur spärlich ausgebildet, so ist das Pankreas wegen des ungenügenden Dichteunterschiedes nur schwer von Duodenum und anliegenden Darmschlingen abgrenzbar (25, 75). In diesem Fall ist die Applikation eines oralen Kontrastmittels indiziert. Dadurch erfolgt eine Dichteanhebung des Gastrointestinaltraktes, der damit vom Pankreasparenchym differenziert werden kann (75).

Das Auflösungsvermögen pathologischer Strukturen ist von deren Dichteunterschieden zum normalen Pankreasparenchym abhängig. Deshalb sind Verkalkungen, die sehr hohe Dichtewerte ( + 13o bis + 37o H) besitzen, sehr gut darstellbar. Sehr kleine Verkalkungen sind jedoch wegen des Teilvolumeneffektes nicht mehr nachzuweisen (5, 7).

Eine durch eine Entzündung hervorgerufene ödematöse Durchtränkung des Pankreasparenchyms und Nekroseherde weisen eine niedrigere Dichte als das gesunde Pankreasgewebe auf. Zystische Raumforderungen sind durch seröser Flüssigkeit äquivalente Dichtewerte (bis O H) charakterisiert und deshalb leicht erkennbar (29).

Nierengängige Kontrastmittel erleichtern die Abgrenzung von Nekrosearealen bzw. Pseudozysten von intaktem Pankreasgewebe, da hierbei der vaskularisierte Gewebeanteil eine Dichteanhebung erfährt, während die Nekroseherde und Pseudozysten von der Blutzirkulation abgetrennt sind und somit ihre Absorptionswerte auch bei Kontrastmittelapplikation konstant bleiben (17).

Blut weist durch seinen Zellreichtum und durch die Eisenkonzentration der Erythrozyten einen hohen Absorptionswert auf. Deshalb imponieren hämorrhagische Prozesse als hyperdense Areale von 4o - 6o H und können somit von einem nekrotisierenden Geschehen computertomographisch unterschieden werden (5, 7, 31).

Insgesamt haben sich jedoch die großen Erwartungen, die man in der Anfangszeit der Computertomographie in der Pankreasdiagnostik an die Dichtemessung geknüpft hat, nicht ganz erfüllt. So können akute oder chronische Entzündungsprozesse der Bauchspeicheldrüse ohne erkennbare Dichteveränderungen einhergehen (72). Pankreaskarzinome besitzen dieselben Strahlenabsorpitonswerte wie normales Pankreasparenchym und sind deshalb erst erkennbar, wenn sie zu einer Konturauftreibung

geführt haben. Ausgenommen ist hierbei das Insulinom, das eine höhere Absorptionsdichte aufweist und aus diesem Grund noch im Parenchymniveau erkannt werden kann (7).

Die Anwendung von nierengängigen Kontrastmitteln erbrachte in der Pankreastumordiagnose keinen Fortschritt. Studien von Haaga und Mitarbeitern zeigten nämlich, daß Tumorgewebe und normales Parenchym bei Kontrastmittelapplikation einen parallelen Dichteanstieg aufweisen (5).

Die Abbildung des gesamten Querschnittes des menschlichen Körpers erlaubt es, das gesamte Ausmaß eines pathologischen Prozesses zu beurteilen. So ist die Ausweitung eines malignen Pankreaskarzinoms, die Ausdehnung einer schweren akuten Pankreatitis über die Fasziengrenzen hinaus in den vorderen und hinteren Pararenalraum ebenso darstellbar wie sekundäre Veränderungen einer Pankreasaffektion im Sinne erweiterter intrahepatischer Gallengänge oder Lebermetastasen. Desweiteren ist durch die Querschnittdarstellung eine exakte topographische Zuordnung z.B. von Verkalkungen zum Pankreas, zur Arteria lienalis oder zum Milzhilus zu treffen (5, 31).

Da die Computertomographie nur eine zur Körperachse senkrechte Darstellung des Körperquerschnittes erlaubt, sind zur gesamten Abbildung des Pankreas mehrere Schnittebenen erforderlich. Ein mehr horizontal liegendes Pankreas kann mit weniger als drei Schnittebenen dargestellt werden. Ist es mehr schräg gestellt, so werden zur gesamten Organdarstellung mehr als sechs Schnittebenen benötigt (74).

## 4.4 Typische Computer-Tomographie Befunde

### 4.4.1 Normales Pankreas

Das normale Pankreas ist im CT-Bild meist gut abgrenzbar. Zur sicheren Identifizierung des Organs dienen als anatomische Bezugspunkte die im retroperitonealen Fettgewebe verlaufende Arteria mesenterica superior mit der dorsal davon gelegenen Aorta abdominalis sowie die dorsal vom Pankreaskopf gelegene meist queroval konfigurierte Vena cava inferior und das den Pankreaskopf umgebende Duodenum (2). Die Mitte des Pankreaskopfes ist meist vor und etwas unterhalb der linken Nierenvene zu lokalisieren (7).

Da die Organgröße nicht nur individuellen Schwankungen unterliegt sondern auch altersabhängig ist - im zunehmenden Alter erfolgt eine Verkleinerung und Schrumpfung des Organs (4, 7) -, ist eine genaue Abgrenzung zwischen noch normaler Organgröße und Organvergrößerung oder -verkleinerung nur schwer zu treffen. Als Richtlinie kann der Größenvergleich mit dem benachbarten Wirbelkörper dienen (Größenbestimmung nach Haaga). Dabei soll der sagittale Durchmesser des Pankreaskopfes nicht größer als der Querdurchmesser und nicht kleiner als der halbe Querdurchmesser des Wirbelkörpers sein. Pankreaskörper und -schwanz sollen nicht mehr als zwei Drittel und nicht weniger als ein Drittel des Wirbelkörperquerschnitts betragen (7, 16).

Das gesunde Organ besitzt in den meisten Fällen eine glatte Kontur. Bei stark adipösen Patienten kann das Pankreas auch

eine lobulierte Begrenzung aufweisen. Eine lobuläre Organkontur bei älteren Menschen ist als Folge einer allgemeinen Organatrophie zu werten (7).

Das normale Pankreas weist eine homogene Dichte auf. Die Dichtewerte (30 - 45 HE) liegen etwas unter denen der Leber und Milz und etwas über denen der Nieren. Eine wesentliche Dichteanhebung nach intravenöser Kontrastmittelgabe findet nicht statt (7, 16).

### 4.4.2 Akute Pankreatitis

Das Bild der akuten Pankreatitis reicht von einer unkomplizierten Verlaufsform mit sehr günstiger Prognose bis hin zur Pankreasnekrose mit einem dramatischen klinischen Krankheitsbild mit hoher Letalität. Da die unterschiedlichen Verläufe der akuten Pankreatitis unterschiedliche therapeutische Maßnahmen erfordern, wurde eine Einteilung der akuten Pankreatitis in drei Schweregrade vorgenommen, die auch computertomographisch unterschieden werden können. Folgende Formen, nach Schweregrad geordnet, werden unterschieden: Die akute ödematöse Pankreatitis, die akute ödematös-nekrotisierende Pankreatitis und die akute hämorrhagisch-nekrotisierende Pankreatitis (16).

Die akute ödematöse Form der Pankreatitis führt im allgemeinen zu einer generellen Volumenzunahme des Organs. Eine leichte Dichteverminderung des Parenchyms ist als Folge eines entzündlichen Ödems anzusehen. Unscharfe Organkonturen und eine Verminderung des peripankreatischen Fett-

gewebes sind weitere Kennzeichen einer akuten ödematösen Pankreatitis (16, 20, 31, 72).

Nekroseherde im Zuge einer akuten ödematös-nekrotisierenden Pankreatitis stellen sich als unscharf konturierte Areale erniedrigter Dichte dar (72). Das Pankreasparenchym weist somit eine dem Grad der Nekrotisierung entsprechende Inhomogenität auf. Die begleitende exsudative Reaktion kann so ausgeprägt sein, daß die faszialen Grenzen des Retroperitonealraumes überschritten werden (3, 31).

Bei der akuten hämorrhagisch-nekrotisierenden Pankreatitis kommt es zur Einblutung in das Pankreasparenchym. Hämorrhagische Bezirke stellen sich als hyperdense Areale dar und können somit computertomographisch nachgewiesen werden (7).

### 4.4.3 Chronische Pankreatitis

Entsprechend der Vielfalt pathologischer Veränderungen bei chronischer Pankreatitis ist auch das Bild des Computertomogramms sehr bunt. Das Pankreas kann vergrößert oder, wenn die Krankheit schon sehr lange besteht, auch verkleinert sein. Häufig findet sich auch nur eine umschriebene Vergrößerung, die meist in der Kopfregion lokalisiert ist (13).

Entzündliche Ödeme, Gewebsnekrosen und fibrotische Umbauvorgänge führen zu einer inhomogenen Parenchymstruktur. Die Konturen sind häufig unregelmäßig. Oft geht eine chronische Pankreatitis mit dem Verlust des peripankreatischen Fettgewebes einher (13, 16, 61).

Das diagnostisch wichtigste Symptom sind jedoch die Verkalkungen, die bei etwa der Hälfte der Patienten mit chronischer Pankreatitis nachzuweisen sind (2, 7). Man findet kleine multiple Verkalkungsherde disseminiert über das gesamte Organ verstreut. Eine einzelstehende, besonders dichte, oft sternförmig konfigurierte Verkalkung entspricht einem Konkrement im Pankreasgang. Erhärtet wird diese Diagnose durch die Darstellung des erweiterten Duktus pankreatikus (2, 7, 2o, 31, 72).

### 4.4.4 Pankreaspseudozysten

Von allen Erkrankungen des Pankreas ist die Pankreaspseudozyste am einfachsten zu diagnostizieren. Ihre wesentlichen Merkmale bestehen in der runden oder ovalen Raumforderung mit scharfer Kontur und unterschiedlich dicker Zystenwand (wenige Millimeter bis etwa 1,5 cm), in der nicht selten schollige oder fleckige Verkalkungen nachweisbar sind. Der Zysteninhalt erscheint meist als homogene hypodense Fläche mit wasseräquivalenten Dichtewerten (5).

Ist jedoch das Zystenkavum mit Zelldetritus und Sequester angereichert, so ist eine Erhöhung des Dichtewertes die Folge, wodurch eine Zyste computertomographisch schwieriger zu diagnostizieren ist. Nach i.v.-Injektion von nierengängigem Kontrastmittel findet eine deutliche Dichteanhebung der Zystenwand statt. Ursache hierfür ist die starke Vaskularisation der Zystenwand (5, 49, 72).

Nach einer intrazystischen Blutung zeigt der Zysteninhalt eine signifikante Zunahme des Absorptionskoeffizienten

(über 35 HE). Eine hämorrhagische Zyste kann somit computertomographisch diagnostiziert werden (72).

### 4.4.5 Pankreastumor

Im allgemeinen unterscheiden sich Pankreaskarzinome in ihrer Dichte nicht von normalem Pankreasparenchym. Gelegentlich weisen Tumore auch Bezirke mit geringer Densität auf, die durch nekrotisierendes Gewebe oder zystische Degeneration hervorgerufen werden. In diesen Fällen handelt es sich aber meist schon um inoperable Tumoren. Somit gelangt ein Tumor computertomographisch erst dann zur Darstellung, wenn eine umschriebene Konturauftreibung oder eine Organvergrößerung feststellbar ist. Exzentrisch gelegene Tumore sind deshalb eher zu diagnostizieren. Sie können ab einer Größe von 1,5 - 2 cm erkannt werden (31). Hingegen werden im Pankreaskopf liegende Tumore erst ab einer Größe von 3 cm erkennbar (5, 31). Ein durch Obstruktion erweiterter Duktus pankreatikus oder erweiterte Gallengänge, die sich computertomographisch gut darstellen lassen, können einen wertvollen Hinweis auf ein im Pankreaskopf lokalisiertes Karzinom liefern. Ein Aufbrauch des peripankreatischen Fettgewebes wird nicht nur bei Pankreastumoren, sondern auch bei chronischer Pankreatitis beobachtet (3, 19, 20, 49). Als Inoperabilitätskriterien gelten Lebermetastasen, die als hypodense Bezirke im Leberparenchym imponieren, eine malignitätstypische radiäre Infiltration in benachbartes Gewebe, die Umscheidung der großen Gefäße und vergrößerte paraaortale oder parapankreatische Lymphknoten (7, 25, 49).

## 4.5 Differentialdiagnostik

Es gibt in der computertomographischen Pankreasdiagnostik keine spezifischen Kriterien für ein bestimmtes Krankheitsgeschehen (5). So sind zum Beispiel Retentionszysten und Verkalkungen sowohl bei chronischer Pankreatitis als auch bei Pankreaskarzinomen nicht selten zu beobachten und eine Obliteration des peripankreatischen Fettgewebes kann sowohl Ausdruck einer Tumorinfiltration als auch Zeichen eines Malabsorptionssyndroms bei chronischer Pankreatitis sein. Die Diagnose wird deshalb im allgemeinen aufgrund einer Kombination mehrerer pathologischer Befunde erhoben (5).

Eine Organvergrößerung, die durch eine akute oder chronische Pankreatitis hervorgerufen wird, kann diffus aber auch umschrieben sein. Bei einer umschriebenen Pankreasvergrößerung ohne zusätzliche pathologische Veränderungen kann zwischen einer entzündlichen oder neoplastischen Veränderung nicht unterschieden werden. (3, 5, 7). Auch in diesem Bereich vorhandene Areale verminderter Dichte infolge umschriebener Nekrosen oder zystischer Degeneration sind für die Differentialdiagnose kaum hilfreich, da sowohl entzündliche wie neoplastische Prozesse der Bauchspeicheldrüse diese Veränderungen aufweisen können (25). Verwechslungen eines entzündlichen Geschehens mit einem Pankreaskarzinom können auch insofern vorkommen, da ein Pankreaskarzinom häufig von einer obstruktiven Pankreatitis begleitet wird oder das Karzinom auf dem Boden einer chronischen Pankreatitis sich entwickelt (8, 25).

Desweiteren können sich differentialdiagnostische Probleme ergeben, wenn eine Pankreaspseudozyste anstelle wasseriso-

denser Flüssigkeit nekrotisches Gewebe, Blut oder eitriges Exsudat enthält. Unter diesen Umständen steigt die Dichte an und kann sogar die des normalen Pankreas erreichen. Dann ist eine sichere Unterscheidung von Abszessen und nekrotisch zerfallenden Tumoren kaum möglich. Auch das Zystadenom und das Zystkarzinom müssen hierbei differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen werden. Daneben können auch nekrotische retroperitoneale Lymphknotenmetastasen als zystische Raumforderungen des Pankreas imponieren (5).

Ein weiteres Problem kann die Zuordnung einer Pankreaszyste zum Organ sein. Dies trifft besonders für große Zysten zu, da sie keinen sichtbaren Kontakt zum Pankreas mehr besitzen müssen (5).

## 4.6 Artefakte

Artefakte zeigen bei Computertomogrammen ein völlig anderes Erscheinungsbild als bei klassischen Röntgenaufnahmen, da die Artefaktbildung sich nicht nur am Störort manifestieren, sondern streifenförmig das ganze Bild durchziehen.

Es sind zwei grundsätzlich verschiedene Ursachen einer Artefaktbildung zu unterscheiden: Zum einen Artefakte, die durch Bewegungen des Objektes und zum anderen Artefakte, die durch hohe Kontrastunterschiede entstehen.

Bewegungsartefakte kommen sowohl durch Körperbewegungen als auch durch Organbewegungen, vorwiegend durch

Darmperistaltik und Atembewegungen zustande. Sie werden dadurch verursacht, daß sich ein Organ aus dem von ihm anfänglich eingenommenen Matrixareal während der Schichtaufnahme herausbewegt und fortan seine Dichtemessung in einem anderen Areal vollzogen wird. Vor allem bei Geräten mit Aufnahmezeiten von mehreren Minuten spielten Bewegungsartefakte eine große Rolle und somit war die Verkürzung der Aufnahmezeit auf wenige Sekunden ein entscheidender Fortschritt für die Computertomographie (16, 54).

Ein zweiter - ebenfalls streifenförmiger - Artefakttyp kann im CT-Bild dann auftreten, wenn innerhalb des Objektes hohe Kontrastunterschiede vorkommen. Sie können an Flüssigkeitsspiegeln im Abdomen und an Fremdkörpern wie Metallclips, Röntgenkontrastmitteln und Drains entstehen.
Die Artefakte entstehen dadurch, daß in einer oder in mehreren Projektionen lokal ein hoher Sprung in den Meßdaten auftritt. Die wechselseitige Korrektur der zu benachbarten Projektionen gehörigen gefalteten Meßdaten bleibt dann bei der Projektion unvollkommen (16, 54).

## 5. Patientengut und Methodik

In dem Zeitraum von Januar 1978 bis Mai 1981 wurden in der Radiologischen Klinik der Universität München bei 152 Patienten sowohl eine Ultraschall- als auch eine Computertomographieuntersuchung des Pankreas durchgeführt. Bei allen Patienten bestand der klinische Verdacht einer Pankreaserkrankung. Der Vergleich der sonographischen und computertomographischen Diagnosen erfolgte retrospektiv anhand des schriftlichen Befundes. Der abschließende Arztbrief, gegebenenfalls durch einen Operationsbericht und ein histologisches Gutachten ergänzt, diente zur Sicherung der Diagnose.

In 2o Fällen konnte die Diagnose histologisch bzw. durch eine Operation abgeklärt werden. In 113 Fällen wurde die Diagnose durch Vergleichsuntersuchungen (ERCP in 1o Fällen, Sekretin-Pankreozymintest in 14 Fällen), $\alpha$-Amylase- und Lipaseerhöhung sowie durch das eindeutige klinische Bild und den Krankheitsverlauf gesichert. 19 Fälle konnten wegen ungenügend gesicherter Abschlußdiagnose oder wegen einer zu großen Zeitspanne der Untersuchungsfolge von US und CT nicht gewertet werden. Somit standen für die Auswertung insgesamt 133 Fälle zur Verfügung.

In der Tabelle 1 sind die verwertbaren Fälle nach Enddiagnosen aufgegliedert.

Tab. 1: Aufgliederung der Fälle nach Enddiagnosen.

| Gesamtzahl in Klammern | durch nicht invasive Methoden gesichert | durch ERCP oder Pankreozymintest gesichert | operativ bzw. histologisch gesichert |
|---|---|---|---|
| Normalkollektiv (53) | 52 | 1 | - |
| akute Pankreatitis (14) | 14 | - | - |
| chronische Pankreatitis (52) | 22 | 24 | 6 |
| Pankreastumor (14) | - | - | 14 |
| Gesamtzahl der Fälle (133) | 88 | 25 | 2o |

Ein sonographisch bzw. computertomographisch geäußerter Verdacht auf eine vorliegende Pankreaserkrankung wurde bei Übereinstimmung mit der Abschlußdiagnose als richtige Diagnose, andernfalls als fal-

sche Diagnose gewertet. Befunde, die keine eindeutige Festlegung zu einer Artdiagnose zuließen, wurden gesondert aufgeführt. Sie gingen bei der Berechnung der Sensitivität bzw. Treffsicherheit unter den falschen Diagnosen mit ein. Alle Fälle, bei denen wegen Artefakte eine Beurteilung nicht erfolgen konnte, wurden bei der Berechnung von Sensitivität und Treffsicherheit als falsch gewertet bzw. nicht berücksichtigt.

Die US-Untersuchungen wurden mit einem Grey-Scale-Compound-Gerät (Echoview L 80)[1], einem Real-Time-Linearscanner (LS 2000)[1] und einem Real-Time-Rotorscanner (Combison 100)[2] durchgeführt.

Für die CT-Untersuchungen wurde das Somatom SF 2 der Firma Siemens verwendet, das mit dem Prinzip des Fächerstrahls und einem mit der Röntgenröhre mechanisch verbundenem Detektorsystem eine Untersuchungszeit von 5 Sekunden pro Schicht ermöglichte.

[1] Firma Picker

[2] Firma Kretz

# 6. Ergebnisse

## 6.1 Sonographische und computertomographische Diagnostik am Normalkollektiv

### 6.1.1 Ergebnis

Bei 53 Patienten, die sonographisch und computertomographisch untersucht wurden, konnte klinisch eine Pankreaserkrankung ausgeschlossen werden. Davon erfolgte in 29 Fällen eine Pankreasuntersuchung wegen Tumorverdacht, wobei in 2o Fällen eine operativ bzw. histologisch gesicherte Abschlußdiagnose erstellt werden konnte. Bei den übrigen 9 Patienten konnte für die beklagten Oberbauchbeschwerden bzw. für den Gewichtsverlust kein organisches Äquivalent gefunden werden. Klinisch und röntgenologisch lagen jedoch keine Anzeichen einer Raumforderung im Bereich des Pankreas vor. Invasive Untersuchungsverfahren wurden hier nicht durchgeführt.

In 24 weiteren Fällen wurde bei unklaren Oberbauchbeschwerden eine Pankreaserkrankung differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen. Hierbei wurden in 13 Fällen klinisch gesicherte Befunde als Ursache der Beschwerden angegeben, in den übrigen 11 Fällen wurden ein Colon irritabile bzw. psychogen bedingte Oberbauchbeschwerden angeführt. Eine Pankreaserkrankung konnte bei diesen Patienten ohne invasive Maßnahmen durch das Fehlen von pankreasspezifische Laborwerte und durch nicht invasive röntgenologische Untersuchungen jeweils ausgeschlossen werden. Bei 4 Patienten wurde durch einen Pankreasfunktionstest eine

exkretorische Organinsuffizienz ausgeschlossen. Bei einem weiteren Patienten wurde eine ERCP durchgeführt, die ein unauffälliges Pankreasgangsystem darstellte.

In einem Fall wurde eine Computertomographie 2 mal durchgeführt. Im Nativscan wurde zunächst ein falsch-positiver Tumor-Befund erhoben, der in der am nächsten Tag folgenden Untersuchung mit Gastrographingabe revidiert wurde. Die zweite und damit richtige Diagnose wurde nur berücksichtigt.

Ebenso wurde in einem anderen Fall nur die zweite sonographische Untersuchung gewertet, nachdem die erste Untersuchung wegen Darmgasüberlagerung nicht durchgeführt werden konnte.

Falsche sonographische wie computertomographische Befunde waren ausschließlich nur Verdachtsdiagnosen. Sie wurden als falsch-positive Diagnosen gewertet.

Bei 11 Patienten war eine sonographische Beurteilung des Pankreas wegen Meteorismus nicht möglich. Die computertomographische Diagnostik war in keinem der Fälle wegen Artefaktbildung eingeschränkt.

Die Sonographie stellte in 4 Fällen eine falsche Diagnose, wobei je 2 mal ein Pankreastumor und eine Pankreatitis befundet wurden.

Die computertomographische Untersuchung erbrachte lediglich in 1 Fall einen falsch-positiven Tumorverdacht. Sonographisch

stellte sich in diesem Fall das Pankreas unauffällig dar.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab. 2: Die Ergebnisse der sonographischen und computertomographischen Pankreasuntersuchungen am Normalkollektiv.

| | US | CT |
|---|---|---|
| richtige Diagnosen | 38 | 52 |
| falscher Tumorbefund | 2 | 1 |
| falscher Pankreatitisbefund | 2 | - |
| unbefundbare Fälle | 11 | - |
| Gesamtzahl der Fälle | 53 | 53 |

Aus den Ergebnissen errechnet sich für die CT eine Spezifität von 98 %, für US von 72 %, falls die unbefundbaren Fälle zu den falsch-

positiven Diagnosen gewertet werden. Werden die unbefundbaren Fälle nicht berücksichtigt, so ergibt sich für US eine Spezifität von 9o % (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Spezifität der sonographischen und computertomographischen Pankreasuntersuchungen.

$$\left(\text{Spezifität} = \frac{\text{richtig-negative Fälle} \times 1oo}{\text{richtig-negative + falsch-positive Fälle}}\right)$$

| Spezifität | US | CT |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle zu den falschen Diagnosen gewertet | 72 % | 98 % |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 9o % | 98 % |

### 6.1.2 Fallbesprechung

Diejenigen Fälle, bei denen sonographisch bzw. computertomographisch ein falsch-positiver Befund erhoben wurde, werden im Folgenden einzeln besprochen.

Patientin K.J., 7o Jahre alt: Intra operationem fand sich im rechten Oberbauch ein Konklomerattumor, wobei die rechte Flexur und das Duodenum fest mit der Gallenblase verbacken waren. Das tumoröse Gewebe setzte sich in den Duktus choledochus und Duktus hepatikus fort. Histologisch wurde ein Adenokarzinom der Gallenblase diagnostiziert. Die computertomographische Untersuchung ergab eine dringend malignomverdächtige Vergrößerung des Pankreaskopfes. Ein erweiterter Duktus choledochus war bei erweiterten intrahepatischen Gallengängen nicht differenzierbar. Somit wurde auch ein Hepatikuskarzinom differentialdiagnostisch erwogen. Wegen einer anschließend geplanten MDP wurde auf eine Gastrographinapplikation verzichtet. Bei Kontrastdarstellung des oberen Intestinaltraktes hätte vielleicht das Gallenblasenkarzinom vom Pankreaskopf abgegrenzt werden können. Sonographisch stellte sich das Pankreas unauffällig dar.

Patientin B.G., 59 Jahre alt: Im Echo-Bild stellte sich der Pankreasschwanz bei ungeordneter und vergröberter Binnenstruktur vergrößert dar. Es wurde der Verdacht eines 3 cm großen Pankreasschwanztumors gestellt. Multiple echoarme und echoreiche Bezirke in der Leber wurden als Lebermetastasen gewertet. Computertomographisch war das Pankeas unauffällig. Angiographisch konnte eine diffuse Durchsetzung des Leberparenchyms mit kleinen Hämangiomen diagnostiziert werden. Laparoskopisch war die Leber wegen ausgedehnten Verwachsungen nicht einsehbar. Diese resultierten aus einer vor 5 Jahren durchgeführten Laparotomie, bei der bereits Hämangiome der Leber festgestellt worden waren. Nach retrospektiver Beurteilung des US-Bildes kann die unmittelbar in

der Nachbarschaft zur Milz gelegene Auftreibung des Pankreasschwanzes am ehesten durch eine atypische Milzlappung vorgetäuscht worden sein.

Patientin K.R., 54 Jahre alt: Durch die US-Untersuchung wurde eine Vergrößerung des Pankreaskopfes befundet und der Verdacht auf einen 4 cm messenden soliden Prozeß im Pankreaskopfbereich diagnostiziert. Die Computertomographie und ein Pankreasfunktionstest erbrachten keinen pathologischen Befund. Da auch sämtliche Laborwerte im Normbereich lagen, war für einen Pankreastumor kein Anhalt gegeben. Die Enddiagnose lautete: Colon irritabile.

Patientin H.B., 22 Jahre alt: Die gastrointestinalen Beschwerden der Patientin wurden auf eine psychogene Genese zurückgeführt. Ein Pankreasfunktionstest, eine ERCP und die Computertomographie erbrachten keinen pathologischen Befund. Sonographisch wurde der Verdacht einer akuten Pankreatitis geäußert. Bei retrospektiver Beurteilung des Bildes zeigte sich ein großes Pankreas, das gut abgrenzbar war, was auf das jugendliche Alter der Patientin zurückgeführt werden konnte.

Patientin A.E., 53 Jahre alt: Bei gering vergrößertem Pankreas mit unregelmäßiger Begrenzung und etwas aufgelockerter Struktur wurde sonographisch der Verdacht auf eine chronische Pankreatitis gestellt. Ein Pankreasfunktionstest, ein Cholezyst-Cholangiogramm und die CT konnten diesen Verdacht jedoch nicht bestätigen. Zudem lagen alle Laborwerte im Normbereich. Die Enddiagnose lautete: Spastisches Colon.

## 6.2. Sonographische und computertomographische Diagnostik bei akuter Pankreatitis

### 6.2.1 Ergebnisse

Insgesamt unterzogen sich 14 Patienten mit klinischem Zeichen einer akuten Pankreatitis einer sonographischen und computertomographischen Untersuchung. Die Sicherung der Diagnose erfolgte in allen Fällen jeweils durch erhöhte α-Amylase- und Lipasewerte, durch das charakteristische klinische Bild und den Krankheitsverlauf.

Durch die Sonographie wurde in 8 Fällen die richtige Diagnose gestellt, 2 mal zeigte sich das Pankreas im Echo-Bild unauffällig und 1 mal wurde eine falsch-positive Tumordiagnose erbracht. Bei 3 Patienten war das Pankreas wegen Meteorismus nicht befundbar.

Die Computertomographie stimmte 9 mal mit der Abschlußdiagnose überein. 4 mal konnte kein pathologischer Befund am Pankreas erhoben werden. Ein maligner Prozeß wurde in dem selben Fall vermutet, bei dem auch sonographisch ein Tumorverdacht bestand.

Die Ergebnisse von Sonographie und Computertomographie sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tab.4: Ergebnisse von US und CT bei akuter Pankreatitis

| | US | CT |
|---|---|---|
| richtige Diagnosen | 8 | 9 |
| ohne Befund | 2 | 4 |
| Tumordiagnose | 1 | 1 |
| unbefundbar | 3 | - |
| Gesamtzahl der Fälle | 14 | 14 |

Da die Computertomographie zwischen akuter ödematöser Pankreatitis, akuter ödematöser nekrotisierender Pankreatitis und akuter hämorrhagisch-nekrotisierender Pankreatitis unterscheiden kann (16), wird eine Einteilung der akuten Pankreatitis nach Schweregraden ermöglicht. In den vorliegenden Fällen bestand eine akute ödematöse Pankreatitis 8 mal, eine nekrotisierende Pankreatitis 4 mal und 2 mal konnte eine akute hämorrhagisch-nekrotisierende Pankreatitis computertomographisch diagnostiziert werden. Die klinischen Verlaufsformen der letztgenannten Gruppe erwiesen sich besonders schwer. Nur in diesen Fällen wurde eine Verbrauchskoagulopathie bzw. pathologische Gerinnungsparameter festgestellt.

Eine Einteilung nach Schweregraden und die entsprechenden sonographischen und computertomographischen Ergebnisse zeigt Tabelle 5.

Tab.5: Ergebnisse von US und CT bei akuter Pankreatitis nach Schweregrade unterteilt

| | US | CT |
|---|---|---|
| I. akute ödematöse Pankreatitis | | |
| richtige Diagnosen | 3 | 3 |
| ohne Befund | 2 | 4 |
| Tumordiagnose | 1 | 1 |
| unbefundbar | 2 | - |
| Gesamtzahl der Fälle | 8 | 8 |
| II. akute nekrotisierende Pankreatitis | | |
| richtige Diagnosen | 3 | 4 |
| unbefundbar | 1 | - |
| Anzahl der Fälle | 4 | 4 |
| III. akute hämorrhagisch-nekrotisierende Pankreatitis | | |
| richtige Diagnosen | 2 | 2 |
| Anzahl der Fälle | 2 | 2 |

Aus den Ergebnissen errechnet sich für die Computertomographie eine Sensitivität bei akuter Pankreatitis von 64 %, für US eine Sensitivität von 57 %, falls die unbefundbaren Fälle zu den falsch-negativen Diagnosen gerechnet werden. Werden sie nicht gewertet, so ergibt sich für die Sonographie eine Sensitivität von 73 % (siehe Tabelle 6).

Tab. 6: Sensitivität von US und CT bei akuter Pankreatitis

$$\left(\text{Sensitivität} = \frac{\text{richtig-pos.Fälle} \times 100}{\text{richtig-pos.Fälle} + \text{falsch-neg.Fälle}}\right)$$

| Sensitivität | US | CT |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle als falsch-negativ gewertet | 57 % | 64 % |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 73 % | 64 % |

In insgesamt 11 Fällen (79 %) hatten US und CT konkordante Ergebnisse: 7 mal konnte übereinstimmend die richtige Diagnose erstellt werden, in 1 Fall wurde von beiden Verfahren der Verdacht eines malignen Geschehens geäußert und in 3 Fällen konn-

te weder die CT (ohne Befund) noch US (1 mal ohne Befund, 2 mal war eine Beurteilung des Pankreas wegen Meteorismus nicht möglich) zur Abschlußdiagnose beitragen.

In 3 Fällen erbrachten die US- und CT-Untersuchungen diskordante Ergebnisse. 2 mal konnte hierbei nur computertomographisch die richtige Diagnose erbracht werden: In 1 Fall war durch eine relativ große Pankreasfigur ein Hinweis für einen entzündlichen Zustand gegeben, während sonographisch sich das Organ unauffällig darstellte; im zweiten Fall konnte durch die CT eine nekrotisierende Pankreatitis diagnostiziert werden, sonographisch hingegen war die Pankreasloge wegen Darmgasüberlagerung nicht einsehbar. In 1 Fall erwies sich die US-Untersuchung als die überlegenere Methode: Bei einer sonographisch diagnostizierten Organvergrößerung mit aufgelockerter Binnenstruktur konnte computertomographisch kein pathologischer Organbefund festgestellt werden.

### 6.2.2 Fallbesprechung

In einem Fall wurde sowohl sonographisch als auch computertomographisch eine falsch-positive Tumordiagnose gestellt. Dieser Fall sollte im Folgenden näher erläutert werden.

Patient K.H., 44 Jahre alt: Die klinische und laborchemische Symptomenkonstellation ($\alpha$-Amylase im Serum maximal 9,o8 U/ml, Amylase im Urin 167,3 U/ml; Lipase 3000 mU/ml) wiesen bei diesem im guten Allgemeinzustand befindlichen Patienten auf eine akute Pankreatitis hin. Ein deutlicher Sklerenikterus und die

Erhöhung von Bilirubin und der leberspezifischen Transaminasen ließen auf ein Abflußhindernis im Duktus chelodochus schließen. Im CT-Bild stellte sich eine 5 cm große Raumforderung im Pankreaskopf dar mit erniedrigten und zentral hypodensen Dichtewerten. Zusätzlich fielen ein gestauter Duktus choledochus und Duktus pankreatikus sowie eine große Gallenblase auf. Korpus und Schwanz des Pankreas stellten sich unauffällig dar. Dies ist ein typischer Befund für ein malignes Geschehen und wurde auch entsprechend gedeutet.

Sonographisch wurde ebenfalls aufgrund einer 5 cm großen Raumforderung im Pankreaskopfbereich ein Pankreastumor diagnostiziert. Bei einer Gastroskopie fanden sich im Magen und Duodenum Hinweise auf eine Kompression von außen. Die histologische Untersuchung der Papille ergab keinen Malignitätsverdacht. Bei einer nach 3 Wochen später erneut durchgeführten computertomographischen Untersuchung konnte ein Rückgang der Raumforderung beobachtet werden. Stauungszeichen des Gangsystems konnten nicht mehr nachgewiesen werden. Unregelmäßige Konturen des Pankreas mit kleinen hypodensen Arealen sprachen nun für eine akute Pankreatitis. Sonographisch wurde ebenfalls bei einer Kontrolluntersuchung bei noch insgesamt vergrößerten Pankreas mit echoarmen Zonen eine akute Pankreatitis als wahrscheinlich angesehen.

Eine ERCP brachte einen unregelmäßigen Duktus pankreatikus sowie 2 Zysten im Pankreaskopfbereich zur Darstellung. Die Untersuchung wurde abgebrochen, um die Zysten nicht weiter zu füllen. Die Zysten wurden sonographisch und computertomographisch nicht diagnostiziert. Der Patient wurde bei völliger

Beschwerdefreiheit entlassen. Die Laborwerte lagen zu diesem Zeitpunkt alle im Normbereich. Bei einer späteren (2 Monate nach Entlassung) Verlaufskontrolle durch eine außerhalb durchgeführte US-Untersuchung konnte nur noch ein grenzwertig breites Pankreas dargestellt werden, ein Befund, der gut vereinbar mit dem Zustand nach akuter Pankreatitis war.

## 6.3 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei chronischer Pankreatitis

### 6.3.1 Ergebnisse

Insgesamt wurden 52 Patienten mit chronischer Pankreatitis sowohl sonographisch als auch computertomographisch untersucht.

Die US-Untersuchung diagnostizierte 25 mal eine chronische Pankreatitis. 16 mal stellte sich das Organ im Echobild unauffällig dar. 2 mal wurde eine falsche Tumordiagnose gestellt. In 9 Fällen war das Pankreas wegen Meteorismus nicht darstellbar.

Die Computertomographie stimmte 26 mal mit der Abschlußdiagnose überein. In 3 Fällen konnte eine Artdiagnose zwischen neoplastischer und entzündlicher Organvergrößerung nicht getroffen werden. In 22 Fällen war im CT-Bild keine pathologische Veränderung des Pankreas erkennbar. Eine falsche Tumordiagnose wurde in einem Fall gestellt, der histologisch abgeklärt werden konnte. Die Sonographie vermutete bei diesem Patienten ebenfalls eine Neoplasie.

Die Tabelle 7 faßt die Ergebnisse von US und CT bei chronischer Pankreatitis zusammen.

Tab. 7: Ergebnisse von US und CT bei chronischer Pankreatitis

| Befund | US | CT |
|---|---|---|
| richtige Diagnose | 25 | 26 |
| Pankreasvergrößerung festgestellt, Artdiagnose jedoch nicht möglich | - | 3 |
| ohne Befund | 16 | 22 |
| Tumordiagnose | 2 | 1 |
| unbefundbar | 9 | - |
| Gesamtzahl der Fälle | 52 | 52 |

Die aus den Ergebnissen errechnete Sensitivität für US und CT bei chronischer Pankreatitis zeigt Tabelle 8.

Tab. 8: Sensitivität von US und CT bei chronischer Pankreatitis

| Sensitivität | US (%) | CT (%) |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle zu den falschen Diagnosen gerechnet | 48 | 5o |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 58 | 5o |

Tab. 9: Sensitivität von US und CT bei chronischer Pankreatitis, wobei zu den richtigen Diagnosen auch die Befunde gerechnet wurden, durch die eine Pankreaserkrankung erkannt, eine Artdiagnose jedoch nicht getroffen werden konnte.

| Sensitivität | US (%) | CT (%) |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle zu den falschen Diagnosen gerechnet | 48 | 56 |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 58 | 56 |

Die Sicherung der Diagnose erfolgte bei 6 Patienten durch eine Pankreasoperation, wobei in 3 Fällen eine innere Ableitung einer Pankreaszyste vorgenommen wurde, 2 mal wurde eine Pankreasschwanzresektion und 1 mal eine Whipple-Operation durchgeführt.

In den restlichen 46 Fällen wurde die Diagnose einer chronischen Pankreatitis klinisch gesichert. Eine ERCP mit pathologischer Gangdarstellung diente in 1o Fällen zur Diagnosesicherung. Eine Pankreassekretionsschwäche wurde bei weiteren 14 Patienten mit Hilfe des Pankreozymintests nachgewiesen. Bei 22 Patienten wurden zum Nachweis einer chronischen Pankreatitis keine invasiven Methoden angewendet. Ein typisches klinisches Beschwerdebild einer chronischen Pankreatitis, gekennzeichnet durch Gewichtsverlust, Schmerzen im Epigastrikum, eine Amylase-Erhöhung und in vielen Fällen eine seit Jahren bekannte chronisch rezidivierende Pankreatitis erlaubte in diesen Fällen, die Diagnose als gesichert anzusehen.

Die Tabelle 1o zeigt noch einmal das gesamte Ergebnis der US- und CT-Untersuchungen bei chronischer Pankreatitis, diesmal aufgeschlüsselt nach Diagnosesicherung.

Tab.1o: Ergebnisse von US und CT bei chronischer Pankreatitis, unterteilt nach Diagnosesicherung

| | | US | CT |
|---|---|---|---|
| OP-gesichert (Anzahl: 6) | richtige Diagnosen | 5 | 5 |
| | Tumordiagnose | 1 | 1 |
| ERCP-gesichert (Anzahl: 1o) | richtige Diagnosen | 5 | 7 |
| | ohne Artdiagnose | - | 1 |
| | ohne Befund | 4 | 2 |
| | unbefundbar | 1 | - |
| Pankreasfunktionstest pathologisch (Anzahl: 14) | richtige Diagnosen | 4 | 1 |
| | ohne Artdiagnose | - | 1 |
| | ohne Befund | 6 | 12 |
| | unbefundbar | 4 | - |
| klinisch gesichert (Anzahl: 22) | richtige Diagnosen | 11 | 13 |
| | ohne Artdiagnose | - | 1 |
| | ohne Befund | 6 | 8 |
| | Tumor-Diagnose | 1 | - |
| | unbefundbar | 4 | - |

Insgesamt waren in 31 Fällen (61 %) die Ergebnisse beider Verfahren konkordant. Hierbei wurde 16 mal übereinstimmend die richtige Diagnose erstellt, 14 mal war mit beiden Methoden kein pathologischer Befund zu erheben, wobei sonographisch 6 mal das Pankreas wegen Meteorismus nicht dargestellt werden konnte, und 1 mal wurde mit beiden Verfahren ein maligner Prozeß vermutet. Tabelle 11 zeigt die einzelnen Befunde von US und CT, welche bei den 16 übereinstimmend richtig erstellten Diagnosen jeweils erhoben wurden.

Tab. 11: Erhobene Befunde von US und CT bei übereinstimmend richtiger Diagnose (Gesamtzahl: 16)

| Befund | US | CT |
|---|---|---|
| Organvergrößerung | 13 | 12 |
| Struktur-, Dichteveränderung | 9 | 7 |
| Zyste | 14 | 13 |
| Verkalkungen | - | 8 |

In 21 Fällen wurden durch US und CT diskordante Befundungen erhoben. Hierbei wurde in 1o Fällen nur computertomographisch

eine chronische Pankreatitis diagnostiziert. In den entsprechenden sonographischen Untersuchungen stellte sich das Pankreas 6 mal unauffällig dar, 1 mal wurde eine falsch-positive Tumordiagnose gestellt und 3 mal konnte wegen Meteorismus keine Befundung erfolgen. Desweiteren konnte in 2 Fällen bei sonographisch unauffälligem Befund computertomographisch eine umschriebene Organvergrößerung artdiagnostisch nicht differenziert werden. In 9 Fällen erbrachte die US-Untersuchung die richtige Diagnose, während computertomographisch 8 mal das Pankreas unauffällig erschien und 1 mal ein neoplastischer Prozeß nicht ausgeschlossen werden konnte.

Die im CT-Bild erkennbaren pathologischen Organveränderungen bei sonographisch unauffälliger Darstellung (insgesamt 8 Fälle) waren in 3 Fällen ausschließlich kleine Zysten von 2 cm Durchmesser mit diskreten Verkalkungen, 1 mal eine diffuse Pankreaskopfvergrößerung mit Verkalkung, 1 mal eine 2 cm große Zyste bei vergrößertem Pankreasschwanz und 1 mal allein eine diffuse Pankreaskopfvergrößerung. In 2 weiteren Fällen konnte computertomographisch eine umschriebene Pankreaskopfvergrößerung dargestellt werden, ohne jedoch eine Artdiagnose treffen zu können (siehe Tabelle 13).

Die sonographischen Befunde bei computertomographisch unauffälliger Beurteilung des Pankreas (insgesamt 8 Fälle) waren in allen 8 Fällen neben einer geringen Organvergrößerung eine aufgelockerte bzw. ungeordnete und vergröberte Struktur, wobei 2 mal zusätzlich eine 2,5 cm große Pankreaskopfzyste diagnostiziert wurde. In einem dieser Fälle konnte computertomographisch retrospektiv ebenfalls eine chronische Pankreatitis mit einer kleinen Pseudozyste befundet werden (siehe Tabelle 13).

In Tabelle 12 und 13 sind die Befunde von US und CT bei diskordanten Ergebnissen zusammengefaßt.

Tab. 12: Befunde von US und CT bei diskordanten Diagnosen.
Gesamtzahl der Fälle: 21
US: 1o Fälle ( 9 richtige Diagnosen;
1 falsch-positive Diagnose)
CT: 13 Fälle (1o richtige Diagnosen;
3 artdiagnostisch nicht differenzierbar)

| Befund | US (1o Fälle) | CT (13 Fälle) |
|---|---|---|
| Organvergrößerung | 1o | 8 |
| Struktur-Dichteveränderung | 8 | - |
| Zyste | 2 | 5 |
| Verkalkungen | - | 7 |

Tab.13: Befunde von US und CT bei diskordanten Diagnosen, wobei jeweils das andere Verfahren einen unauffälligen Befund erstellte.
Gesamtzahl der Fälle: 16
US: 8 richtige Diagnosen,
CT: 6 richtige Diagnosen,
2 Fälle artdiagnostisch nicht differenzierbar.

| Befund | US (8 Fälle) | CT (8 Fälle) |
|---|---|---|
| Organvergrößerung | 8 | 5 |
| Struktur-Dichteveränderung | 8 | - |
| Zyste | 2 | 4 |
| Verkalkungen | - | 4 |

### 6.3.2 Fallbeschreibung

Die falsch-positiven Tumordiagnosen durch US und CT werden im Folgenden näher erläutert:

Patient Z.W., 41 Jahre alt: Wegen einer seit Jahren chronisch rezidivierenden Pankreatitis wurde eine Pankreaskopfresektion durchgeführt. Intraoperativ konnte ein kinderfaustgroßer steinharter Pankreaskopf nachgewiesen werden. Pankreaskorpus und -schwanz waren ebenfalls verhärtet. Die histologische Schnellschnittuntersuchung ergab keinen Hinweis auf ein Malignom. Ein am Oberrand des Pankreas gelegener großer Lymphknoten erwies sich ebenso histologisch als unauffällig. Im US- und CT-Bild zeigte sich jeweils bei unauffälliger Abbildungdes Pankreaskorpus und -schwanzes eine umschriebene Pankreaskopfvergrößerung von 5 cm Durchmesser. Die Struktur der Raumforderung war sonographisch ungeordnet, computertomographisch wurde eine zentrale hypodense Zone nachgewiesen. Sekundäre Malignitätszeichen sind von beiden Verfahren nicht festgestellt worden. Sowohl der computertomographische als auch sonographische Befund sprachen für einen malignen Prozeß im Pankreaskopfbereich. Durch eine vor der Operation durchgeführte ERCP wurde eine chronische Pankreatitis diagnostiziert.

Patient S.J., 5o Jahre alt: Bei dem Patienten mit Zustand nach einer Billroth II-Operation, einer Immunvaskulitis, einer Niereninsuffizienz im Stadium der kompensierten Retention und einer koronaren Herzkrankheit des angiographischen Schweregrades IV und einer seit Jahren bekannten chronisch rezidivierenden Pankreatitis wurde wegen zeitweise aufkommender Schmerzen im

Epigastrium eine sonographische Pankreasuntersuchung durchgeführt, wobei ein 8 cm großer solider Tumor im Pankreaskorpusbereich diagnostiziert wurde. Eine daraufhin durchgeführte CT-Untersuchung erbrachte in diesem Bereich eine deutliche Auftreibung mit mehreren Zonen primär erniedrigter Dichte. Computertomographisch sprach dieser Befund für eine ausgeprägte Pankreatitis mit mehreren Pseudozysten, von denen die größte einen Durchmesser von 4 cm aufwies. Klinisch lag ebenfalls kein Anhalt für ein malignes Geschehen vor. Ein halbes Jahr später, bei einem erneuten Rezidiv, konnte sowohl sonographisch als auch computertomographisch eine 4 cm große Pseudozyste im Pankreaskorpusbereich nachgewiesen werden.

## 6.4 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei Pankreaspseudozysten

### 6.4.1 Ergebnisse

Bei 27 Patienten des Gesamtkollektivs wurden Pankreaszysten nachgewiesen. Die Diagnosesicherung erfolgte in 6 Fällen durch eine Operation, in 3 Fällen wurden Pankreasgangzysten durch eine ERCP nachgewiesen. Ein übereinstimmender Zystenbefund von US und CT wurde als klinisch gesichert angesehen(insgesamt 13 Fälle). Nicht übereinstimmende Zystenbefunde von US und CT, die weder durch eine Operation noch durch eine ERCP gesichert werden konnten, wurden nicht gewertet.

Insgesamt wurden von US 2o Pseudozysten und durch die CT 24 Pseudozysten befundet, davon 16 mal übereinstimmend.

Die Computertomographie konnte in allen operativ gesicherten Fällen eine Pseudozyste nachweisen, US lediglich in 5 Fällen. Eine histologisch gesicherte 1,5 cm große Pseudozyste konnte sonographisch nicht dargestellt werden.

Von 3 Pankreaszysten, die durch eine ERCP gesichert werden konnte, waren computertomographisch 2 Zysten mit der Ausdehnung von 2 cm nachweisbar, sonographisch konnte in keinem der Fälle eine Zyste befundet werden.

In 1 Fall wurden mehrere Pseudozysten, von denen die größte einen Durchmesser von 4 cm aufwies, sonographisch als 8 cm großer solider Tumor fehlinterpretiert.

12 mal ergab die US- und CT-Untersuchung einen übereinstimmenden Zystenbefund in Größe und Lokalisation, wobei in 2 Fällen neben einer größeren Pseudozyste computertomographisch multiple kleinere Zysten zur Darstellung gebracht werden konnten, die sonographisch nicht diagnostiziert wurden.

Bei 5 Patienten mit chronischer Pankreatitis konnten kleine Pseudozysten nur mit Hilfe eines der beiden Verfahren nachgewiesen werden. Eine Sicherung der Befunde konnte nicht erfolgen. Sie wurden deshalb in der Tabelle 14 nicht aufgeführt, in der die Ergebnisse von US und CT bei operativ bzw. klinisch gesicherten Pankreaszysten zusammengestellt sind.

Aus den Ergebnissen läßt sich für US eine Sensitivität bei Pankreaszysten von 77 % und für die CT von 95 % errechnen.

Tab.14 Ergebnisse von US und CT in der Pankreaszystendiagnostik

| I. Operativ gesicherte Zysten- | US | CT | Zystengröße (cm) |
|---|---|---|---|
| richtiger Befund | 5 | 6 | 3 - 13 cm |
| kein Zystenbefund | 1 | - | 1,5 cm |
| Gesamtzahl | 6 | 6 | |
| II. Klinisch gesicherte Zystenbefunde | | | |
| richtiger Befund | 12 | 15 | 1 - 12 cm |
| Tumorbefund | 1 | - | 4 cm |
| kein Zystenbefund (ERCP-gesichert) | 3 | 1 | 2 - 3 cm |
| Gesamtzahl | 16 | 16 | |

## 6.5 Sonographische und computertomographische Diagnostik bei Pankreastumoren

### 6.5.1 Ergebnisse

Insgesamt wurden 14 Patienten mit Pankreastumor einer sonographischen und computertomographischen Untersuchung unterzogen. Die Diagnosesicherung erfolgte in allen Fällen durch eine Operation zuzüglich einer histologischen Bestätigung. Die Abschlußdiagnosen erbrachten in 1o Fällen ein Pankreaskarzinom, in 2 Fällen ein Zystadenom des Pankreas, in einem Fall ein Inselzellkarzinom und 1 mal ein in das Pankreas metastasierendes Lymphom. Zur Zeit der Untersuchung hatten mit einer Ausnahme alle Karzinome bereits eine Ausdehnung von über 5 cm.

Die Sonographie stellte in 9 Fällen die richtige Diagnose. In den übrigen Fällen war sonographisch kein Tumor nachweisbar: Ein in das Pankreas metastasierendes Lymphom wurde sonographisch als Pankreaspseudozyste fehlinterpretiert, ein infiltrativ wachsendes Pankreaskarzinom, das histologisch abgeklärt werden konnte, wurde als akutes entzündliches Geschehen gedeutet. Ein Zystadenom konnte nicht nachgewiesen werden und 2 mal war das Pankreas wegen Meteorismus sonographisch nicht beurteilbar.

Die Computertomographie stimmt in 11 Fällen mit der Abschlußdiagnose überein. In 1 Fall konnte bei einem Zystadenom erst

zusammen mit dem angiographischen Befund die richtige Diagnose erstellt werden, nachdem zuvor computertomographisch der Verdacht auf eine Pseudozyste bestand. Eine akute Pankreatitis wurde bei dem selben Patienten diagnostiziert, bei dem auch sonographisch der Befund eines entzündlichen Geschehens vorlag. In 1 Fall war das CT-Bild unbefundbar, da die Untersuchung nicht in Atemstillstand durchgeführt werden konnte.

Die Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der sonographischen und computertomographischen Diagnostik bei Pankreastumoren.

Tab. 15: Die Ergebnisse von US und CT bei Pankreastumor.

| | US | CT |
|---|---|---|
| richtige Diagnosen | 9 | 11 |
| falscher Entzündungsbefund | 2 | 2 |
| ohne Befund | 1 | - |
| unbefundbar | 2 | 1 |
| Gesamtzahl der Fälle | 14 | 14 |

Aus den Ergebnissen läßt sich für US eine Sensitivität bei Pankreastumoren von 64 % berechnen gegenüber von 78 % für die CT, falls die unbefundbaren Fälle zu den falschen Diagnosen gewertet werden. Bei Nichtberücksichtigung der unbefundbaren Fälle ergibt sich für US eine Sensitivität von 75 % und für die CT eine Sensitivität von 85 % (siehe Tabelle 16).

Tab. 16: Sensitivität von US und CT bei Pankreastumor

| Sensitivität | US | CT |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle zu den falschen Diagnosen gewertet | 64 % | 78 % |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 75 % | 85 % |

In 9 Untersuchungen (75 %) erbrachten US und CT ein übereinstimmendes Ergebnis, wobei in 8 Fällen jeweils die richtige Diagnose gestellt werden konnte und in einem Fall ein Pankreastumor von beiden Verfahren als entzündliches Geschehen interpretiert wurde.

5 Untersuchungen erbrachten durch US und CT diskordante Ergebnisse, wobei die Sonographie nur in 1 Fall eine Tumordiagnose stellte, während computertomographisch in diesem Fall wegen Artefaktbildung keine Beurteilung möglich war. In 3 Fällen stimmte die CT-Diagnose mit der Abschlußdiagnose überein, wohingegen US zweimal eine Pankreasbefundung wegen Meteorismus nicht durchführen konnte und 1 mal eine falsche Zystendiagnose erstellte. Bei einem falschen Zystenbefund durch die CT konnte sonographisch keine pathologische Veränderung am Organ festgestellt werden.

Sekundäre Tumorveränderungen, wie die Erweiterung der intrahepatischen Gallengänge oder des Duktus choledochus konnte von US in 2 Fällen und von der CT in 5 Fällen befundet werden. Lebermetastasen wurden von US in 2 Fällen und von der CT in 3 Fällen diagnostiziert.

### 6.5.2 Fallbesprechung

Diejenigen Fälle, bei denen durch US bzw. CT eine falsch-positive Diagnose erstellt wurde, werden im Folgenden näher beschrieben.

Patient H.R., 41 Jahre alt: Der Patient war zunächst wegen einer Lobärpneumonie in stationärer Behandlung. Während des Krankenhausaufenthaltes traten zunehmend Oberbauchbeschwerden auf und es entwickelte sich das klinische Bild einer akuten Pankreatitis mit Erhöhung der Amylase- und Lipasewerte. Wegen des zunehmenden Verschlußikterus wurde der Patient einer Operation zugeführt. Intraoperativ konnte ein steinharter

und vergrößerter Pankreaskopf getastet werden. Pankreaskorpus und -schwanz waren ebenfalls verhärtet. Es wurde der Entschluß zur Duodeno-Hemipankreatektomie gefaßt. Bei deren Durchführung fiel die infiltrative Verwachsung des Pankreas mit der Pfortader und der Mesenterialvene auf. Die histologische Untersuchung des Operationspräparates ergab makroskopisch eine 1,5 cm große Zyste im Pankreaskopfbereich bei weitgehendem Ersatz des Parenchyms durch Fasergewebe. Mikroskopisch entsprach der Befund einem gering differenzierten Adenokarzinoms bei chronisch fibrosierender Pankreatitis. Das Tumorgewebe durchsetzte den gesamten Pankreaskopf. Die Tumorinfiltration erstreckte sich auf den distalen Resektionsrand des Pankreas sowie teilweise auch auf das peripankreatische Bindegewebe und einem parapankreatischen Lymphknoten.

Bei der sonographischen Untersuchung zeigte sich ein diffus vergrößerter Pankreas mit echoarmer Binnenstruktur. Eine Pseudozyste ließ sich sonographisch nicht nachweisen. Der Befund sprach für eine akute Pankreatitis. Computertomographisch fand sich im Bereich des Pankreaskopfes eine etwa 2 cm große Pseudozyste. Im Bereich von Korpus und Schwanz zeigte sich das Pankreas unscharf abgegrenzt, was als Hinweis für eine akute Pankreatitis gewertet wurde. Zudem bestand der Verdacht auf eine beginnende Infiltration im Bereich der linken Nierenfettkapsel.

Auch bei retrospektiver Bildauswertung konnte kein Hinweis auf einen malignen Prozeß erkannt werden. Es bleibt somit

festzustellen, daß weder klinisch noch durch makroskopischen Befund ein Pankreaskarzinom vermutet worden ist, und erst die histologische Untersuchung Aufschluß geben konnte.

Patient W.H., 62 Jahre alt: Die Obduktion des verstorbenen Patienten ergab ein metastasierendes malignes Lymphom von Non-Hodgkin-Typ. Man fand im Bereich des Pankreasschwanzes ein großes Tumorpaket von glasiger Beschaffenheit sowie ein weiteres über faustgroßes Tumorpaket im Bereich der paraaortalen Lymphknoten distal des Abganges der Nierenarterien. Im Bereich der Leberpforte waren walnußgroße Metastasen sichtbar. Durch eine partielle Pfortaderthrombose war es zur Atrophie des linken Leberlappens gekommen. Sonographisch wurde bei eingeschränkter Beurteilungsmöglichkeit der Verdacht einer Pankreasschwanzzyste geäußert. Für US war in diesem Fall die richtige Diagnose zu stellen schwierig, da Lymphome sich im US-Bild sehr echoarm darstellen und somit eine zystische Struktur vortäuschen. Im CT-Bild stellte sich ein 8 cm großer Pankreasschwanztumor mit zentralen hypodensen Zonen dar, die einer zentralen Nekrose entsprachen. Im rechten Leberlappen zeigte sich ein hypodenses Areal entsprechend einer Fremdgewebsinfiltration der Leber.

Patientin O.K., 74 Jahre alt: Wegen eines Zystadenoms wurde bei der Patientin eine Pankreasschwanzresektion durchgeführt. Histologisch konnte ein Zystenadenom bestätigt werden. Im Ultraschallbild war das Pankreas nicht scharf abgrenzbar, die Pankreasloge war nicht verbreitert. Der sonographische Befund wurde als unauffällig gewertet. Im CT-Bild stellte sich im Pan-

kreasschwanz eine ca. 3 x 3 cm großes hypodenses, glatt begrenztes Areal dar, deren Dichte Flüssigkeit entsprach. Der Befund sprach am ehesten für eine Pseudozyste im Pankreasschwanz. Angiographisch wurde ein hypervaskularisierter raumfordernder Prozeß im linken Oberbauch gesichert, was angiographisch für eine Nebenmilz sprach. Der hypervaskularisierte raumfordernde Prozeß korrelierte sowohl topographisch als auch größenmäßig exakt mit der beschriebenen hypodensen Raumforderung im Bereich des Pankreasschwanzes. In Kenntnis beider Befunde konnte es sich somit nur um ein Zystenadenom des Pankreas handeln.

Patientin B.M., 6o Jahre alt: Bei dieser Patientin handelte es sich ebenfalls um ein Zystadenom des Pankreas. Beide Verfahren erstellten die richtige Diagnose, doch konnte mit der CT-Methode ein wesentlich genauerer Befund erbracht werden, weshalb dieser Fall ebenfalls beschrieben werden sollte. Im Pankreaskörper fand sich ein 6 cm großes Zystadenom mit zahlreichen, maximal 1 cm großen zystischen Hohlräumen mit stellenweise kalkhaltiger Verfestigung. In 1 cm Entfernung lag ein zweites o,8 cm großes Zystadenom. Das umgebende Gewebe war entzündlich umgewandelt. Am Pankreasschwanz fand sich eine 5 x 5 cm große Nekrosehöhle. Im Echobild stellte sich ein 6 cm großer gehaltreicher Tumor im Pankreaskopfbereich mit unscharfer Abgrenzung zur Leberpforte dar. Zystische Anteile waren nicht zu erkennen. Am Pankreasschwanz konnte sonographisch keine pathologische Veränderung festgestellt werden. Computertomographisch war eine Vergrößerung von 7 x 7 cm Durchmesser des Pankreas im Kopf-Korpus-Bereich mit deutlich inhomogener Strukturierung und unregelmäßiger

Kontur zu erkennen, wobei zentral schollige Verkalkungen zur Darstellung kamen. Der Befund sprach für einen zum Teil soliden, zum Teil nekrotisch bzw. zystischen Tumor. Ein gewebsdichter Weichteilschatten lateral des oberen Milzpoles konnte nicht sicher dem Pankreasschwanz zugeordnet werden.

# 7. Diskussion

## 7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse, Treffsicherheit

Insgesamt konnten bei 133 US-Untersuchungen 8o richtige Diagnosen erstellt werden. Demgegenüber stehen 19 falsch-negative Diagnosen, 4 falsch-positive Befunde am Normalkollektiv und 5 falsch-positive Diagnosen bezüglich der Artdiagnose. In 24 Untersuchungen konnte das Organ wegen Meteorismus nicht dargestellt werden.

Die Computertomographie stimmte in 98 Fällen mit der Abschlußdiagnose überein. 26 mal wurden falsch-negative Diagnosen erstellt und 1 mal eine falsch-positive Diagnose am Normalkollektiv. In weiteren 4 Fällen erfolgte eine bezüglich der Artdiagnose falsche Beurteilung des Befundes und in 3 Fällen konnte zwischen einem entzündlichen und neoplastischen Prozeß nicht entschieden werden. In einem Fall konnte wegen Artefaktbildung keine Beurteilung des CT-Bildes erfolgen (siehe Tabelle 17).

Tab. 17: Gesamtergebnis von US und CT in der Pankreasdiagnostik

| | US | CT |
|---|---|---|
| richtige Diagnosen | 8o | 98 |
| raumfordernder Pankreasprozeß (keine Artdiagnose möglich) | - | 3 |
| pathologischer Pankreasbefund (artdiagnostisch falsch) | 5 | 4 |
| falsch-negative Diagnosen | 19 | 26 |
| falsch-positive Diagnosen (am Normalkollektiv) | 4 | 1 |
| unbefundbare Fälle | 25 | 1 |
| Gesamtzahl der Fälle | 133 | 133 |

Tab. 18: Treffsicherheit von US und CT in der Pankreasdiagnostik

(Treffsicherheit: $\frac{\text{alle richtigen Diagnosen x 100}}{\text{Gesamtzahl der Fälle}}$ )

| Treffsicherheit | US | CT |
|---|---|---|
| a) unbefundbare Fälle zu den falschen Diagnosen gerechnet | 6o % | 73,5 |
| b) unbefundbare Fälle nicht gewertet | 74 % | 74 % |
| c) Diagnose, bei der eine Artdiagnose nicht getroffen werden konnte, als richtige Diagnose gewertet | 6o % | 76 % |

In Tabelle 19 sind Sensitivität, Spezifität und Treffsicherheit von US und CT zusammengefaßt.

Tab. 19: Sensitivität, Spezifität und Treffsicherheit von US und CT. In Klammern stehen die Prozentzahlen, die bei Nichtberücksichtigung der unbefundbaren Fälle erstellt wurden (mit X gekennzeichnet: Diagnosen, bei denen eine Artdiagnose Entzündung oder Tumor nicht getroffen werden konnte, als richtige Diagnosen gewertet).

| | US (%) | CT (%) | |
|---|---|---|---|
| Spezifität | 72 (9o) | 98 | |
| Sensitivität | | | |
| bei akuter Pankreatitis | 57 (73) | 64 | |
| bei chronischer Pankreatitis | 48 (58) | 5o | $56^X$ |
| bei Pankreastumor | 64 (75) | 78 (85) | |
| Treffsicherheit | 6o (74) | 73,5 (74) | $76^X$ |

Von den insgesamt 8o Fällen, bei denen eine Pankreaserkrankung gesichert werden konnte, konnten sonographisch 47 (59 %) und computertomographisch 53 Fälle (66 %) als pathologisch eingestuft werden. Werden nur die befundbaren Fälle berücksichtigt, so wurde ein pathologischer Prozeß sonographisch in 71 % und computertomographisch in 67 % der Fälle sichtbar gemacht (siehe Tabelle 2o).

Tab. 2o: Häufigkeit der pathologischen Befunderhebungen von US und CT bei Pankreaserkrankungen in % (In Klammern stehen die Prozentzahlen bei Nichtwertung der unbefundbaren Fälle).

| | US (%) | CT (%) |
|---|---|---|
| akute Pankreatitis | 64 (73) | 71 |
| chronische Pankreatitis | 52 (63) | 58 |
| Pankreastumor | 79 (92) | 93 (1oo) |
| Gesamt | 59 (71) | 66 (67) |

In 68 von den insgesamt 133 Fällen wurde durch US und CT übereinstimmend die richtige Diagnose gestellt, in 23 weiteren Fällen konnten beide Verfahren mit der Abschlußdiagnose nicht übereinstimmen. Sieht man von den wegen Artefaktbildung unbefundbaren Fällen ab, so konnte bei diskrepanten Befundungen US in 11 und die CT in 12 Fällen die richtige Diagnose erbringen (siehe Tabelle 21).

Tab.21: Gesamtergebnis von US und CT nach Konkordanz und Diskordanz geordnet. Die in Klammern gesetzten Zahlen bedeuten richtige Diagnosen, die bei Unbefundbarkeit der jeweils anderen Methode erstellt wurden.

| | diskordant richtig US | CT | konkordant richtig US/CT | konkordant falsch US/CT |
|---|---|---|---|---|
| Normalkollektiv | 1 | 4(+11) | 37 | - |
| akute Pankreatitis | 1 | 1(+ 1) | 7 | 4 |
| chronische Pankreatitis | 9 | 6(+4) | 16 | 17 |
| Pankreastumor | -(+1) | 1(+ 2) | 8 | 2 |
| Gesamt | 11(+1) | 12(+18) | 68 | 23 |

Die Treffsicherheit von US in der Pankreasdiagnostik wird in der Literatur mit 61 und 83,5 % (57, 58) und die der CT mit 76 - 9o % (24, 62, 79) angegeben. Vergleichende Studien beider Methoden ergaben für US eine Treffsicherheit von 8o und 84 % bzw. für die CT von 84 und 85 % (3o, 49). Bei allen Angaben wurden jeweils die unbefundbaren Fälle nicht berücksichtigt.

Im Vergleich mit den Literaturangaben ist die Treffsicherheit von US und CT, die an unserem Patientengut errechnet wurde, mit 74 % sehr niedrig. Dazu ist jedoch anzumerken, daß unser Krankengut in gewisser Weise selektiert wurde, da in der Regel unsere Patienten nur mit einem der beiden Verfahren untersucht wurden. Erst wenn damit kein ausreichender Befund erstellt werden konnte, wurde zusätzlich das jeweils andere Verfahren durchgeführt. Somit stand für die Auswertung ein Patientengut zur Verfügung, das insgesamt schwieriger zu diagnostizieren war als der Durchschnitt.

## 7.2 Wertung der Ergebnisse

Die höhere Treffsicherheit zeichnet die Computertomographie gegenüber US als die bessere Methode in der Pankreasdiagnostik aus. Dies ist vor allem auf die höhere Spezifität und auf die weitaus geringere Zahl von Artefaktbildungen zurückzuführen.

Beim Vergleich nur der jeweils befundbaren Fälle weisen beide Verfahren eine gleichgroße Treffsicherheit auf. Insbesondere bei chronischer Pankreatitis, wo in vielen Fällen nur ge-

ringe pathologische Organveränderungen sichtbar gemacht werden konnten, haben sich US und CT als einander ergänzende Methoden erwiesen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sonographisch und computertomographisch jeweils andere morphologische Organveränderungen besser darstellbar waren. So konnten in allen 8 Fällen bei chronischer Pankreatitis, die allein durch die Sonographie richtig diagnostiziert wurden, pathologische Strukturveränderungen des Pankreas festgestellt werden. Demgegenüber waren bei sonographisch unauffälligem Befund computertomographisch ausschließlich kleine Pseudozysten und Verkalkungen Hinweise auf eine chronische Pankreatitis. Organvergrößerungen wurden von beiden Methoden etwa gleich häufig befundet.

Bis auf einen falschen Tumorbefund durch US konnten alle Pseudozysten, die größer waren als 2,5 cm, mit beiden Verfahren gleichermaßen nachgewiesen werden. Bei kleineren Zysten und bei der Beurteilung von zystischen neoplastischen Prozessen hat sich die CT als die bessere Methode erwiesen.

## 7.3 Artefakte

Artefaktbildungen beeinflussen die sonographische Pankreasdiagnostik in einem weitaus größeren Maße als die computertomographische Pankreasdiagnostik. Während die computertomographische Darstellung des Pankreas nur in 1 Fall (o,7 %) unseres gesamten Patientengutes wegen Artefakte nicht gelang, konnte sonographisch das Organ in 25 Fällen (19 %) nicht beurteilt werden. Diese Angaben entsprechen denen der Litera-

tur, wonach die Häufigkeit der Artefaktbildung bei US ca. 2o % und bei CT weniger als 1 % beträgt (3o, 33, 57, 58).

Bei US wurden Artefaktbildungen ausschließlich durch Meteorismus verursacht. Der einzige unbefundbare Fall durch die CT kam durch einen Bewegungsartefakt zustande, da der betreffende Patient den Atem nicht anzuhalten vermochte. Ein bariumgefüllter Magen-Darm-Trakt führte in einem weiteren Fall unserer Untersuchungsreihe zu einer eingeschränkten Beurteilungsmöglichkeit des CT-Bildes.

In 5 Fällen erfolgte wegen Darmgasüberlagerung eine Wiederholung der US-Untersuchung. Hierbei konnte trotz Vorbereitung des Patienten in 2 Fällen weiterhin keine Befundung erfolgen, in den anderen 3 Fällen hingegen konnte das Pankreas dargestellt werden. Da auch in der Literatur bei US-Wiederholungsuntersuchungen eine Erfolgsquote von 5o % beschrieben wird (3o), erscheint eine Wiederholung der Untersuchungen, bei denen eine Diagnose wegen Darmgasüberlagerungen nicht erfolgen konnte, erfolgversprechend zu sein.

## 7.4 Nebenwirkungen

Schädigungen im Gewebe durch US sind denkbar durch Umwandlung der Ultraschallenergie in Wärme, durch mechanische Schwingungen der Substanzteilchen im Schallfeld und durch Cavitation. Folge dieser Wirkungen sind Änderungen des pH-Wertes, $H_2O_2$-Bildung und Depolimerisierung von Makromolekülen. All diese Veränderungen sind in der Literatur beschrieben worden (56),

die jedoch nur von sehr hohen Ultraschallintensitäten, wie sie früher zu therapeutischen Zwecken angewendet wurden, bewirkt werden. Bei den in der medizinischen Diagnostik verwendeten Intensitäten (1o m Watt/cm$^2$) hat jedoch der Ultraschall nach den bisherigen Erkenntnissen, die durch eine Reihe von Experimenten und Nachuntersuchungen begründet sind, keine schädigende Wirkung auf den menschlichen Organismus (27, 28, 56).

In der Computertomographie werden, wie in den klassischen Röntgenverfahren, Röntgenstrahlen verwendet. Sie stellen eine ionisierende Strahlung dar, die bei Röhrenspannungen von 12o - 13o kV, wie sie in der Computertomographie verwendet werden, hauptsächlich in Form von Photoeffekt und Comptoneffekt mit dem durchstrahlten Gewebe in Wechselwirkung tritt (53). Die dadurch induzierten Schäden am Gewebe sind ganz entscheidend von der verabreichten Strahlendosis abhängig.

Messungen an einem Alderson-Rando-Phantom für eine CT-Einrichtung mit 36o$^o$-Strahler-Bewegungen haben im Abdomenbereich eine maximale Oberflächendosis von 14oo mrad und eine Tiefendosis von 4oo - 6oo mrad ergeben (16). Bei einer CT-Untersuchung mit 18o$^o$-Strahler-Bewegung wurden bei einer Pankreasuntersuchung 1ooo mrad an der Eintrittsseite und 27o mrad an der Austrittsseite (7 Schichten á 1o mm, Aufnahmezeit 2,5 - 3 Minuten) bzw. 37oo mrad und 45o mrad (6 Schichten á 13 mm, Aufnahmezeit 2o Sekunden) gemessen. Die Gonadendosis wurde bei Pankreasuntersuchungen bei der Frau mit etwa 75 mrad und beim Mann mit 1 mrad angegeben (16).

Aus diesen Angaben folgt, daß eine computertomographische Untersuchung im Abdomenbereich etwa die selbe Dosis erfordert wie eine Abdomenübersichtsaufnahme mit der konventionellen Röntgenmethode (16, 29, 52, 6o, 69). Auch die Größenordnungen von Integraldosen und Flächen-Dosis-Produkt sind für die Computertomographie und Standardfilmuntersuchungen vergleichbar hoch (16, 6o).

## 7,5 Kosten

Die durchschnittlichen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten einer CT-Anlage sind etwa 1o mal höher einzuschätzen als für eine US-Anlage. So wird in einer amerikanischen Studie der Anschaffungspreis für ein CT-Gerät zwischen 43o ooo - 7oo ooo Dollar veranschlagt (11), ein US-Gerät kostet dagegen je nach Typ 2o ooo - 9o ooo Dollar (28). Die Kosten für die Instandhaltung der Anlagen werden für die CT auf 3o ooo Dollar pro Jahr gegenüber 3ooo Dollar für US angenommen (11, 59).

Zu den Grundkosten wird auch der Raumbedarf für die Untersuchungsgeräte gerechnet. Für eine CT-Einheit wird etwa eine Fläche von 3o - 7o qm, die in 2 Räumen aufgeteilt sein muß, benötigt, während für US ein kleiner Untersuchungsraum von 15 - 2o qm Fläche ausreichend ist (11, 28). Zusätzlich bietet US den Vorteil, daß erforderlichenfalls, insbesondere bei Untersuchungen von Schwerkranken, eine Untersuchung auch auf einer Intensivstation ohne Umlagerung des Patienten durchgeführt werden kann (19).

Auch der Personalaufwand ist bei der CT-Untersuchung größer als bei US, da bei einer computertomographischen Untersuchung zusätzlich zu einem Arzt die Hilfe einer technischen Assistentin benötigt wird (28).

Aus den genannten Gründen ergeben sich somit für die CT Untersuchungskosten von 25o Dollar und für US von 6o Dollar, vorausgesetzt, daß bei ausreichender Patientenzahl eine genügend hohe Auslastung der Geräte gewährleistet ist (28).

## 7.6 Einfluß des Untersuchers auf Bildaufbau und Bildauswertung

Mit der US-Technik können Schnittebenen in jeder beliebigen Richtung dargestellt werden. Zusätzlich kann der Schallkopf gegenüber der Körperoberfläche abgewinkelt werden. Dies hat den Vorteil, daß das Pankreas in seiner gesamten Längsausdehnung auf einer Schnittebene dargestellt werden kann. Andererseits aber ist durch diese große Variabilität der Schnittebenen eine genaue Reproduktion identischer Schichten praktisch unmöglich (13)

Mit der CT-Technik sind dagegen nur geringe Abweichungen von der senkrecht zur Körperachse gelegten Schnittebene möglich. Deshalb kann nur in seltenen Fällen das gesamte Pankreas in einer Schnittebene dargestellt werden. Dafür ist aber der Einfluß des Untersuchers auf den Bildaufbau erheblich geringer und eine gute Reproduzierbarkeit bei Wiederholungsuntersuchungen gewährleistet (13, 55).

Die Interpretation des sonographischen bzw. computertomographischen Bildes hängt stark von den Kenntnissen und der Erfahrung des Untersuchers ab. Von manchen Autoren wurden die computertomographischen Schnittbilder als anschaulicher empfunden, da die topographisch anatomischen Verhältnisse in einem standardisierten Querschnittbild leichter vorstellbar sind (13, 55, 56, 60, 64). Die Beurteilung eines CT-Bildes wird auch einem weniger Geübten dadurch erleichtert, daß das CT-Bild einem konventionellen Röntgenbild ähnlicher und Muskeln und Skelettstrukturen leichter sichtbar sind (13, 60).

## 8. Schlußfolgerung

Die Sonographie und die Computertomographie stellen in der Pankreasdiagnostik zwei einander ergänzende Untersuchungsverfahren dar. Durch die höhere Treffsicherheit, die vor allem in der höheren Spezifität und in der erheblich niedrigeren Zahl an Artefaktbildungen begründet liegt, erwies sich die Computertomographie als die überlegenere Methode. Demgegenüber sind jedoch die höheren Untersuchungskosten und die Strahlenbelastung für den Patienten als Nachteil zur Sonographie zu berücksichtigen.

Aus diesen Gründen sollte bei Verdacht auf eine Pankreaserkrankung die sonographische Untersuchung als erstes durchgeführt werden. Ist der Befund eindeutig und im Einklang mit dem klinischen Bild, so kann die Diagnose - ein erfahrener Untersucher vorausgestzt - als gesichert angesehen werden. Erst wenn der sonographische Befund nicht eindeutig ist oder mit den übrigen klinischen Befunden nicht übereinstimmt, sollte eine computertomographische Untersuchung angeschlossen werden, um zusätzliche Informationen zu gewinnen. Kann die sonographische Beurteilung des Pankreas wegen Artefaktbildung nicht erfolgen, so sollte der Untersucher den Patienten einer CT-Untersuchung zuleiten.

## 9. Zusammenfassung

133 Patienten mit Verdacht auf eine Pankreaserkrankung wurden sonographisch und computertomographisch untersucht. Das Krankengut teilte sich auf in 53 Fälle mit gesundem Pankreas, 14 Fälle mit akuter Pankreatitis, 52 Fälle mit chronischer Pankreatitis und 14 Fälle mit Pankreastumoren.

Der abschließende Arztbrief, gegebenenfalls durch einen Operationsbericht und histologischem Gutachten ergänzt, diente zur Sicherung der Diagnose.

Es ergab sich für US eine Treffsicherheit von 6o % und für die CT eine Treffsicherheit von 73,5 %. Bei Nichtwertung der unbefundbaren Fälle wiesen US und CT mit jeweils 74 % eine gleich hohe Treffsicherheit auf. In der Erkennung von zystischen Prozessen wie auch in der Spezifität zeigte sich die Computertomographie als die überlegenere Methode. Bei entzündlichen Prozessen stellen US und CT sich einander ergänzende Verfahren dar.

Wegen des geringeren Kostenaufwandes und der Ungefährlichkeit wird die Sonographie für die Erstuntersuchung als das geeignetere Verfahren angesehen. Ist hierbei der sonographische Befund eindeutig und im Einklang mit dem klinischen Bild, so kann die Diagnose als gesichert angesehen werden. Andernfalls sollte der Patient einer weiterführenden computertomographischen Untersuchung zugeleitet werden, ebenso, wenn die sonographische Beurteilung des Pankreas wegen Artefaktbildung nicht sicher möglich ist.

## L I T E R A T U R


1. Arger P.H., C.B.Mulhern, J.A. Bonavita, D.M.Stauffer, J.Hale: An Analysis of Pancreatic Sonography in Suspected Panreatic Disease. J.Clin. Ultrasound 7,91-97 (1979)

2. Baert A.L., E.Ponnette, J.Pringot, G.Marchal, A.Dardenne, Y.Coenen: Axiale computer-gesteuerte Tomometrie bei akuter und chronischer Pankreatitis. Radiologe 17,181-188 (1977)

3. Breit A., U.Rohde, P.Schepke: Abdominelle Computertomographie. Chirurg 51,5oo-5o5 (198o)

4. Buck J., S.Bosnjakovic: Erkrankungen des Pankreas. Informationswert der Röntgen-Computer-Tomographie. Z.Allg. Med. 57,474-48o(1981)

5. Buurmann R., E.Grabbe: Pankreas. Computertomographie. In: G.Friedmann, E.Bücheler, P.Thurn: Ganzkörper-Computertomographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, (1981)

6. Carrol B., W.F.Sample: Pankreatic Cystadenocarcinoma: CT Body Scan and Gray Scale Ultrasound Appearance. Am.J.Roentgenol. 131,339-341 (1978)

7. Castrup W., R.Herrmann: Differentialdiagnose der Pankreaserkrankungen im Computertomogramm. Dtsch. med. Wschr. 1o6,1o72-1o76 (1981)

8. Creutzfeldt W.: Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse. In: R.Gross, P.Schölmrich (Hrsg): Lehrbuch der Inneren Medizin. 5.Aufl., F.K.Schattauer Verlag, Stuttgart, New York (1977)

9. Dembner A.G., C.C.Jaffe, J.Simeone, J.Walsch: A New Computed Tomographic Sign of Pankreatitis. AJR 133, 477-479, (1979)

1o. Ehler R., H.Lutz, L.Reichel, N.Heyder: Diagnostische Wertigkeit der Oberbauch-Sonographie (B-Scan): Fortschr. Med.97. Jg., 38,1656-1662 (1979)

11. Evens R.G., R.G.Jost: Economic Analysis of Body Computed Tomography Units Including Data on Utilization, Radiology 127,151-157 (1978)

12. Fawcitt R.A., W.St.C.Forbes, I.Ischerwood, J.M.Braganza H.T.Howat: Computed Tomography in Pankreatik Disease. Brit. J.Radiol., 51,1-4 (1978)

13. Ferrucci J.T., J.Wittenberg, E.B.Black, R.H.Kirkpatrick, D.A.Hall: Computed Body Tomography in Chronic Pancreatitis, Radiology 13o, 175-182 (1979)

14. Filly R.A., S.s.London: The Normal Pancreas: Acustic Characteristics and Frequency of Imaging. J.Clin. Ultrasound 7, 121-124 (1979)

15. Foley W.D., E.T. Stewart, T.L.Lawson, J Geenan, J. Loguidice, L.Maher, G.F.Unger: Computed Tomography, Ultrasonography and Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in the Diagnosis of Pancreatic Disease: A Comperative Study. Gastrointest. Radiol. 5, 29-35 (1980)

16. Friedmann G., E.Bücheler, P.Thurn: Ganzkörper-Computertomographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York (1981)

17. Führer K., R.Liebetruth, G.Linke, K.Pauli, E.O.Rührnschopf, G.Schwierz: Siretom - ein Schädel-Transversalschichtgerät mit Computer. Electromedica 2-3, 48-55, (1955)

18. de Graalf C.S., K.J.W.Tayler, B.D.Simonds, A.J.Rosenfield: Gray-Scale Echography of the Pancreas. Radiology 129, 175-161 (1978)

19. Gebauer A., U.Scherer: Differentialindikation für die Computertomographie und die Ultraschalluntersuchung. Internist 19, 568-578 (1978)

20. Gerhardt P., H.Redlich, H.Ganter, M.Duwig: Die Computer-Tomographie in der Diagnostik der Thorax- und Abdominalorgane. Röntgenpraxis 30, 185-193 (1977)

21. Ghorashi B., R.Rector: Gray Scale Sonographic Anatomy of the Pancreas. J.Clin. Ultrasound 5, 25-28 (1976)

22. Grabbe E., J.Hagemann, R.Klapdor, M.Pfeiffer: Sono graphie und Computertomographie in der Verlaufskontrolle des Pankreaskarzinoms. Fortschr.Röntgenstr.133,2,149-154 (1980)

23. Greenberger N.J., Ph.P.Toskes: Approach to the Patent with Pancreatic Disease. In: T.R.Harrison et al.: Principles of internal Medicin. Mc Grawhill Kogakuska, CTD. 9. Aufl., Tokio u.a. (1980)

24. Haaga J.R., R.J.Alfidi, T.R.Havrilla, R.Tubbs, L.Gonzales, T.F.Meaney, M.A.Corst: Definitive Role of CT Scanning of the Pancreas. Radiology 124,723-730(1977)

25. Haertel M., W.Zaunbauer, L.Triller: Computer-Tomographie und Sonographie beim Pankreasneoplasma, Schweiz, med. Wschr. 110, 838-841 (1980)

26. Hartung H., R.Kirchner: Diagnostik und Therapie der akuten Pankreatitis. Leber, Magen, Darm 10, 1-5 (1980)

27. Hilz E.: Physik und Technik der Ultraschall-Diagnostik. Elektromedizin 14, 215-221 (1969)

28. Holm H.H., E.H.Smith, R.J.Bartrum: The Relationship of Computed Tomography and Ultrasonography in Diagnosis of Abdominal Disease. J.Clin. Ultrasound 5, 230-237 (1977)

29. Hübner K.H.: Computertomographie des Körperstammes. In: W.Frommhold (Hrsg.): Röntgen, Band 4, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York (1981)

30. Husband J.E., H.B.Meire, L.Kreel: Comparison of Ultrasound and Computer-Assisted Tomography in Pancreatic Diagnosis. Brit.J.Radiol. 50, 855-862 (1977)

31. Irnberger Th., Wertigkeit und Leistungsgrenzen der Computertomographie in der Pankreasdiagnostik. Wiener med.Wschr.2, 96-100 (1980)

32. van Kaick G., A.Lorenz: Grundzüge der echographischen Gerätetechnik. Röntgenpraxis 34, 271-280 (1981)

33. Kamin P.D., M.E.Bernardino, S.Wallace, B.-S.Shan: Comparison of Ultrasound and Computed Tomography in the Detection of Pancreatic Malignancy. Cancer 46, 2410-2412 (1980)

34. Kaplan J.O., M.B.Isikoff, J.Barkin, A.S.Livingstone: Necrotic Carcinoma of the Pancreas: "The Pseudo-pseudocyst". J.Computer Assisted Tomography 4, 166-167 (1980)

35. Kazner E., E.-J.Hickl: Ulstraschalldiagnostik in der Medizin. Technik, Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen. Münch. med.Wschr. 114, 1041-1043 (1972)

36. Kiefhaber P., J.Klemm, K.Moritz: Endoskopische und endoskopische-radiologische Pankreasdiagnostik. In: M.M.Forell (Hrsg.): Chronische Pankreatitis und Pankreaskarzinom. Klinik, Diagnostik und Therapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1979)

37. Kimmig J.M.: Zur Diagnose des Pankreaskarzinoms. Z.Allg.Med.57, 516-521 (1981)

38. Klemm J.: Röntgenuntersuchung in der Pankreasdiagnostik. In: M.M.Forell (Hrsg): Chronische Pankreatitis und Pankreaskarzinom. Klinik, Diagnostik und Therapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1979)

39. Kratochwil A., Ultraschalldiagnostik in der inneren Medizin, Chirurgie und Urologie, Atlas und Lehrbuch, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1977)

40. Kreel L.: Computed Tomography of the Pancreas. Acta Gastro-Ent. Belg. 41, 623-634 (1978)

41. Kreel L., M.Haertel, D.Katz: Computed Tomography of the Normal Pancreas. J.Comput. Assist. Tomogr.1, 290-299 (1977)

42. Kreel L.: Computed Tomography of the Abdomen and Thorax. In: W.-D.Sager, G.Ladurner (Hrsg): Computertomographie. Derzeitige Stellung in Radiologie und Klinik. Symposium Graz 1978. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart (1978)

43. Kremer H., A.Gebauer, U.Scherer, R.Rothe, W.Schierl, J.Lissner, N.Zöllner: Sonographische und computertomographische Pankreasdiagnostik. Dtsch. med. Wschr 104, 159-160 (1979)

44. Kresse H.: Grundlagen der Deutung des Ultraschall-Echobildes in der medizinischen Diagnose. Elektromedizin 13, 169-183 (1968)

45. Kresse H.: Sonographie: Methodisch physikalische Grundlagen-Apparaturen. Internist 17, 539-548 (1976)

46. Kressel H.Y., A.R.Margulis, G.W.Gooding, R.A.Filly, A.A.Moss, M.Koropkin: CT Scanning and Ultrasound in the Evaluation of Pancreatic Pseudocysts: A Preliminary Comparison. Radiology 126, 153-157 (1978)

47. Kuckein D.: Das Pankreasneoplasma im Computertomogramm. Röntgen-Bl. 33, 52o-524 (198o)

48. Lammer J., H.Lepuschütz, W.D.Sager, P.Kratochvil, G.Brandstätter, G.Zalaudek: ERCP und CT in der Diagnostik von chronischer Pankreatitis, Pseudozysten und Pankreaskarzinom. Röntgen-Bl. 33, 6o2-611 (198o)

49. Levitt R.G., G.G.Geisse, S.S.Sagel, R.J.Stanley, R.G. Evens, R.E.Koehler, R.G.Jost: Complementary Use of Ultrasound and Computed Tomography in Studies of the Pancreas and Kidney. Radiology 126, 149-152 (1978)

5o. Linhart P., F.Roca-Martinez, K.Beck: Sonographische Beurteilung des Pankreas im Vergleich mit dem Sekretin-Pankreozymin-Test. In: A.Kratochvil, E.Reinhold (Hrsg): Ultraschalldiagnostik, Gemeinsame Tagung der deutschsprachigen Gesellschaften für medizinische Ultra-Schalldiagnostik. Dezember 1977, Wien. Georg Thieme-Verlag Stuttgart (1978)

51. Linke G.: Technische Grundlagen der Computertomographie. Röntgenpraxis 3o, 159-18o (1977)

52. Linke G., K. Pauli, M.Pfeiler: Zur Strahlenbelastung des Patienten bei der Computertomographie (Computerized axial Tomography). Elektromedica 1, 15-18 (1976)

53. Lissner J., O.Hug: Radiologie, 1.Band. Emke Verlag, Stuttgart (1980)

54. Lissner J., W.Schwarz: Technik und Apparatur der Ganzkörper-Computertomographie. Internist 19, 559-563 (1978)

55. Löffler A., S.E.Miederer, K.Glänzer: Endoskopische retrograde Pankreatikographie und exokrine Funktion bei verschiedenen Pankreatitisformen und Papillenstenosen. In: Akute und Chronische Pankreatitis. Hrsg: H.Sarles, M.Singer, Verlag Gerhard Witzstock, Baden-Baden, Köln, New York (1978)

56. Lutz H.: Ultraschalldiagnostik (B-Scan) in der Inneren Medizin. Springer Verlag, Berlin (1978)

57. Lutz H.: Sonographische Pankreasdiagnostik, Elektromedica 2-3, 74-77 (1975)

58. Lutz H., R.Petzoldt, K.P.Hofmann, W.Rösch: Ultraschalldiagnostik bei Pankreaserkrankungen. Klin.Wschr. 53, 419-424 (1975)

59. Meire H.B., L.Kreel: Computed Tomography and Ultrasound - a Comparison. The Practitioner 220, 539-597 (1978)

6o. Mödder U., K.Even: Die Strahlenexposition bei abdominellen Untersuchungen mit der Ganzkörper-Computertomographie. Röntgen-Bl. 32, 15-19 (1979)

61. Moss A.A., H.Y.Kressel: Computed Tomographie of the Pancreas. Digestive Diseases 22, 1o18-1o27 (1977)

62. Moss A.A., M.Federle, H.A.Shapiro, M.Ohto, H.Goldberg, M.Koropkin, A.Clemett: The Combined Use of Computed Tomography and Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in the Assessment of Suspected Pancreatic Neoplasm. Radiology 134, 159-163 (198o)

63. Neumann I., A.Breit: Diagnostische Möglichkeiten der Sonographie bei Pankreaserkrankungen. Radiologe 15, 191-197 (1975)

64. Niederau C., R.Thienhaus: Diagnose des Malassimilationssyndroms bei Erwachsenen. Z.Allg.Med. 57, 531-542 (1981)

65. Nowrousian M.R., N.Firusian, C.G.Schmidt: Ultraschall in der Tumordiagnostik. Röntgenpraxis 31, 173-19o (1978)

66. Otte M.: Diagnostisches Vorgehen bei Verdacht auf eine chronische Pankreatitis oder eines Pankreaskarzinoms. In: M.M. Forell (Hrsg): Chronische Pankreatitis und Pankreaskarzinom. Klinik, Diagnostik und Therapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1978)

67. Paptopoulos V., D.Schellinger: Imaging of the Pancreas with Computed Tomography, Computerized Tomography 3, 37-47 (1979)

68. Pfeiler M., G.Schwierz, G.Linke: Modellvorstellungen zur Bildaufzeichnung bei der Computertomographie (Computerized axial tomography) Electromedica 1, 19-25 (1976)

69. Pfeiler M.: Röntgen-Computertomographie; Einführung und Überblick über den Stand der Technik. Biomed. Technik 25,123-133 (198o)

7o. Rettenmaier G.: Technik und Ergebnisse der sonographischen Pankreasdiagnostik. Leber, Magen, Darm 2, 88-9o (1972)

71. Rettenmaier G.: Sonographischer Oberbauchstatus. Aussagefähigkeit und Indikation der Ultraschall-Schnittbilduntersuchung des Oberbauches. Internist 17, 549-564 (1976)

72. Scherer U.: Computertomographische Untersuchungen der Oberbauchorgane. Internist 19, 579-585 (1978)

73. Scherer U., R.Rohde, J.Lissner: Computertomographie des Körperstammes - ein erster Erfahrungsbericht. Fortschr. Röntgenstr.127, 399-4o5 (1977)

74. Sheedy P.F., D.H.Stephens, R.R.Hattery, R.L.MacCarty: Computed Tomography in the Evaluation of Patients with Suspected Carcinoma of the Pancreas. Radiology 124, 731-737 (1977).

75. Stanley R.J., S.S.Sagel, R.G.Levitt: Computed Tomographic Evaluation of the Pancreas. Radiology 124, 715-722 (1977)

76. Töpfer H.U., i.V.Sinn: Endoskopisch retrograde Chòlangio-Pankreatikographie (ERCP), Z.Allg.Med. 57, 5o9-515 (1981)

77. Weinstein D.P., B.J. Weinstein: Ultrasonic Demonstration of the Pancreatic Duct: An Analysis of 41 Cases. Radiology 12o, 729-734 (1979)

78. Wells P.N.T.: Ultrasonics in Clinical Diagnosis. Churchill Livingstone, Edingburgh, London, New York, 1977

79. Witkowski R., S.G. Economou, V.Mategrano, J.P.Petasnick, H.W. Southwick: Computed Tomography of the Abdomen as an Aid to Preoperative Diagnosis. The American Journal of Surgery 135, 776-781 (1978)

8o. Wright C.H., F.Maklad, S.J. Rosenthal: Grey-Scale Ultrasonic Characteristics of Carcinoma of the Pancreas. Brit.J. Radiol. 52, 281-288 (1979)

## Lebenslauf

Am 24.August 1952 wurde ich als zweites von insgesamt drei Kindern des Rechtsanwalts Dr.Alfred Glatz und seiner Ehefrau Hedwig, geborene Wolferseder, in Landshut geboren.

Nach der 5.Klasse der Volksschule Landshut-Berg trat ich in das Hans-Carossa-Gymnasium Landshut über. Dort legte ich am 8.Juni 1973 das Abitur ab.

Aufgrund eines Wirbelsäulenleidens wurde ich vom allgemeinen Wehrdienst befreit.

Da ich mein geplantes Medizinstudium wegen der Zulassungsbeschränkung nicht sofort aufnehmen konnte, studierte ich an der Universität Freiburg und München Physik. Um meine Wartezeit sinnvoll zu nutzen, arbeitete ich vom 1.April 1976 bis 31.März 1977 als freiwilliger Helfer auf der chirurgischen Wachstation der Poliklinik der Universität München. Im November 1978 konnte ich das Medizinstudium an der Ludwig-Maximilian-Universität in München aufnehmen. Der Abschluß erfolgte am 15.5.1984 mit dem Staatsexamen.